

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIDAD SONIDO E IMAGEN

Título del proyecto:

ESTUDIO, SIMULACIÓN Y REFORMA ACÚSTICA
DE LA “ASESORÍA ZABALA INNOVATION
CONSULTING”

Mikel Echapare Zabaleta
Tutor: Carlos Larrondo Guillén
Pamplona, Noviembre 2010



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Carlos Larrondo su ayuda y disposición y a María José Asarta su ayuda como tutora en “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*”.



ÍNDICE

CAPITULO I: Introducción	6
1.1 Contenido de la memoria	7
1.1.1 Conceptos Teóricos	7
1.1.2 Simulaciones en EASE 4.1 y estudio acústico	7
1.1.3 Propuesta de mejora acústica	7
1.1.4 Comparación y valoración de salas originales y mejoradas	7
1.1.5 Presupuesto de la propuesta de mejora	8
1.2 Estado del Arte	9
1.3 Objetivos	10
 CAPITULO II: Conceptos teóricos	 11
2.1 Acondicionamiento acústico	12
2.1.1 Acondicionamiento	14
2.1.2 Reverberación	15
2.1.3 Tiempo de reverberación	16
2.1.4 Factores para diseñar o reformar locales	19
2.2 Absorción Acústica	20
2.2.1 Introducción	20
2.2.2 Control de la absorción	22
2.3 Parámetros acústicos	26
2.3.1 Sonido directo	26
2.3.2 Sonido total	26
2.3.3 Lspk Overlap	26
2.3.4 Distancia crítica	27
2.3.5 Relación D/R	28
2.3.6 Tiempo de llegada	28
2.3.7 ITD Gap	28
2.3.8 Claridad	29
2.3.9 AI Cons	29



2.3.10 RASTI	30
2.3.11 Calidez	31
2.3.112 Brillo	31
 CAPITULO III: Simulación en EASE 4.1 y estudio acústico	 32
3.1 Descripción de las salas y elementos	33
3.1.1 Sala de conferencia grande	34
3.1.2 Sala de videoconferencia	35
3.1.3 Sala de reuniones	36
3.2 Estudio de las salas originales	38
3.2.1 Sala de conferencia grande	39
3.2.2 Sala de videoconferencia	46
3.2.3 Sala de reuniones	53
3.2.4 Valoraciones	59
 CAPITULO IV: Propuesta de mejora acústica simulada en EASE	 60
4.1 Elementos utilizados en la mejora acústica y sus características	62
4.1.1 Panel acústico Brisa	62
4.1.2 Panel resonador TR-R9	63
4.1.3 Paneles acústicos AcustiForo 210 y 50 mm	64
4.1.4 Sillas de cuero	65
4.1.5 Cortina acústica	66
4.1.6 Empresas de los elementos	66
4.2 Mejoras acústicas en cada sala	67
4.2.1 Sala de conferencia grande	67
4.2.2 Sala de Video conferencia	70
4.2.3 Sala de reuniones	73
 CAPITULO V: Comparación de las salas mejoradas y las originales	 76
5.1 Introducción	77



5.2 Sala de conferencia grande	78
5.3 Sala de videoconferencia	87
5.4 Sala de reuniones	96
 CAPITULO VI: Presupuesto de la propuesta de mejora	 104
 CAPITULO VII: Valoración de la propuesta de mejora	 106
 CAPITULO VIII: Conclusiones y líneas futuras	 108
8.1 Conclusiones	109
8.2 Líneas futuras	110
 Bibliografía	 111



CAPITULO I:
INTRODUCCIÓN



1.1 CONTENIDO DE LA MEMORIA

La memoria se divide en 5 grandes bloques:

- Conceptos teóricos.
- Simulación en EASE y estudio acústico
- Propuesta de Mejora Acústica
- Comparación y valoración de las salas mejoradas con las originales
- Presupuesto de la propuesta de mejora

1- Conceptos Teóricos.

En este apartado se explican los conocimientos necesarios para comprender el proyecto.

2- Simulación en EASE 4.1 y estudio acústico

Se realiza la simulación de las salas a estudiar en el programa EASE 4.1. En esta parte del proyecto se simulan los diferentes parámetros acústicos que poseen las salas a estudiar y así ver sus características acústicas.

Con estos parámetros y características se realiza un estudio acústico detallado de las salas que se van a estudiar y proponer una mejora acústica.

3- Propuesta de Mejora acústica

En este apartado se realizará la ya mencionada propuesta de mejora acústica, mostrando los parámetros más significativos para la palabra (el principal uso de dichas salas).

4- Comparación y valoración de las salas mejoradas y las originales

Se llevará a cabo la comparación de las salas originales con las mismas tras la propuesta de mejora mediante los parámetros acústicos más significativos para conocer la eficacia de la propuesta de mejora y para saber si los resultados obtenidos son los esperados y satisfactorios.



5- Presupuesto de la propuesta de mejora

Se realizará un presupuesto detallado de la propuesta de mejora acústica realizada.



1.2 ESTADO DEL ARTE

La sonorización está adquiriendo una importancia cada vez mayor a la hora de diseñar espacios de uso público, tanto en espacios de propiedad pública, como en espacios de propiedad privada.

Bien es cierto, que todavía hoy se tiene la tendencia de dejar este tema para el final, cuando ya se ha ejecutado un diseño que atiende a factores, estéticos, lumínicos y de gestión de recursos.

Antiguamente las empresas no databan sus instalaciones de ningún estudio de sonorización ni de aislamiento acústico. Hoy en día la mayoría de las nuevas infraestructuras que se dedican al desarrollo laboral cuentan con un estudio de aislamiento pero por desgracia, siguen siendo pocas las que desde un principio apuestan claramente por una sonorización de calidad que otorgue al trabajador la ergonomía acústica necesaria, tanto en su puesto individual de trabajo, como en el aún más delicado, lugar de reuniones y conferencias.

Por tanto cuando la “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*” se interesó por hacer un estudio de sonorización de sus espacios principales, se vio la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en los años de preparación del proyectando, así como de colaborar con una empresa en un proyecto real. Y por supuesto se decidió aprovecharla.



1.3 OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es realizar un estudio profundo de la calidad sonora de aquellos espacios críticos en la “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*”.

Para poder llevar a cabo este objetivo principal, se plantean varios objetivos específicos:

- Estudiar la distribución de las oficinas en las cuales sita la empresa y su utilidad.
- Familiarizarse con el software de simulación acústico EASE 4.1.
- Estudiar de los parámetros más importantes que influyen en la acústica.
- Tomar medidas reales de las áreas a estudiar
- Construir un modelo en EASE y simularlo

Para llevar a cabo estos objetivos se desarrollaron las siguientes acciones u objetivos operativos:

- Contactar con la empresa y obtener una tutora en ella.
- Visitar la empresa y tomar las medidas pertinentes.
- Volver a refrescar el uso del software EASE
- Recopilar la teoría acústica necesaria en el análisis.
- Dibujar en EASE todas las salas a estudiar.
- Simular bajo diferentes condiciones.
- Proponer mejoras.
- Resimular las mejoras.
- Estudiar las discrepancias.
- Obtener las conclusiones.



CAPITULO II:

CONCEPTOS TEÓRICOS



2.1-ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO [1]:

Desde que una fuente sonora emite un sonido hasta que dicho sonido se convierte en sensación sonora para la persona que escucha, se produce un conjunto de fenómenos divididos en dos fases: la transmisión del sonido desde la fuente hasta el oído y la audición de las ondas sonoras. La Acústica Arquitectónica es una parte de la Física que estudia lo que acontece con las ondas sonoras desde que salen del foco hasta que llegan a la audiencia: fenómenos de reflexión, refracción, absorción y difracción. Puede resumirse su importancia en la siguiente frase: las salas afectan siempre a cualquier sonido que se propague en su interior.

Propagación de una onda:

- a) Rayo: en un medio homogéneo una onda se mueve en línea recta en la dirección de los rayos. Los rayos no tienen entidad física, son simplemente líneas perpendiculares a los frentes de ondas que se propagan.
- b) Reflexión y refracción: cuando una onda incide sobre una superficie, que separa dos regiones con velocidades de propagación diferentes, parte de la onda se refleja y parte se transmite. El rayo reflejado forma un ángulo con la normal a la superficie igual que el que forma el rayo incidente. El rayo transmitido modifica su dirección original y forma con la normal a la superficie un ángulo diferente que el rayo incidente
- c) Absorción: las superficies absorben parte de la energía de las ondas que inciden sobre ellas. Se define el coeficiente de absorción de una superficie como el cociente entre la intensidad absorbida y la incidente. El valor del coeficiente de absorción depende del material y de la frecuencia de la onda. Existen materiales que son buenos absorbentes de agudos y otros de graves-
- d) Difracción: capacidad de una onda de rodear un obstáculo o propagarse a través de una pequeña apertura.



Acústica de interiores:

En locales cerrados, toda la energía de las ondas sonoras se refleja sucesivamente en las paredes, suelo y techo del local. Cuando escuchamos percibimos además del sonido directo de la fuente, aquel sonido que ha sido reflejado una o varias veces en alguna de las superficies. Este fenómeno se conoce como reverberación. Si las paredes fueran reflectores perfectos, el proceso sería de duración infinita. Las superficies reales no son reflectores perfectos y absorben parte del sonido que les llega, por lo que el proceso tiene una duración limitada.

Cuando una fuente sonora emite una señal de una gran duración, el sonido directo y las numerosas reflexiones de las ondas sonoras llegan simultáneamente a cada oyente, habiendo recorrido diferentes trayectorias y teniendo diferentes amplitudes.

La reverberación en una sala se caracteriza por el tiempo de reverberación T , que se define como el tiempo necesario para que la intensidad de un sonido disminuya a la millonésima parte de su valor inicial. Esta magnitud depende del tamaño de la sala, de los materiales interiores y de la frecuencia.

Cualidades acústicas de una sala:

En la fase inicial, deben elegirse la forma y dimensiones del recinto compaginando al máximo los criterios acústicos y los estéticos. Es primordial definir las dimensiones en función del tiempo de reverberación óptimo y el aforo que tendrá la sala.

El techo es la mayor superficie que puede transmitir el sonido de forma homogénea hacia la audiencia. Su altura es vital en el diseño, ya que modifica el volumen de la sala y la transmisión adecuada del sonido hacia la audiencia. En una sala de conciertos suele situarse una placa reflectora detrás de la orquesta (tornavoz) y también se sitúan paneles reflectores en el techo para dirigir el sonido hacia la audiencia.

El suelo del auditorio debe tener la forma más adecuada para limitar el fenómeno de la difracción en las cabezas del público. Se puede demostrar que cuando se preserva la línea de visión del escenario para cada oyente, no sólo se mejora la percepción visual, sino también la auditiva. La disposición ideal del suelo de un auditorio para preservar las líneas de visión del público con el escenario es la espiral logarítmica, por lo que suelen utilizarse aproximaciones de esta curva.

2.1.1-Acondicionamiento

El objetivo del acondicionamiento acústico de un local es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del local. Fue emprendido por primera vez, por el profesor W. C. Sabine en 1895 y su aportación puede resumirse en:

- Las propiedades acústicas de un local están determinadas por la proporción de energía sonora absorbida por paredes, techos, suelos y objetos.
- La proporción de sonido absorbido está ligado al tiempo que un sonido emitido en el local desaparezca después de suprimir el foco sonoro.

Campo Sonoro en un recinto: el sonido producido por una fuente sonora dentro de un recinto incide sobre las superficies límites del mismo, reflejándose una parte, tendiendo estas reflexiones a aumentar el nivel de presión acústica en el recinto. El campo sonoro dentro del recinto está formado por dos partes:

- a) *Sonido Directo:* que va desde la fuente al observador, siendo el mismo que tenemos bajo las condiciones de campo libre.
- b) *Campo sonoro reverberante:* sonidos reflejados que van desde la fuente al receptor después de una o más reflexiones en las superficies.

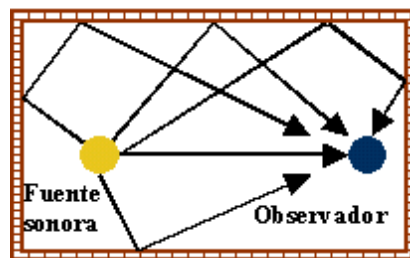


Figura 2.1 Muestra el sonido reverberante producido por las reflexiones que llegan al observador desde la fuente y el sonido directo.



Desde el punto de vista de un acondicionamiento acústico interesa que el intervalo de tiempo que transcurre entre el sonido directo que llega antes que todas las reflexiones y éstas no exceda de un determinado tiempo, porque en caso contrario aparecería el eco.

Un buen acondicionamiento acústico exige que la energía reflejada sea mínima, con lo cual, la calidad de un tratamiento acústico de un local vendrá determinada por la capacidad de absorción de los materiales que recubren sus superficies límites. Son de uso general materiales altamente porosos, de estructura granular o fibrosa.

2.1.2-Reverberación

Otro factor importante en el acondicionamiento acústico está ligado al tiempo que un sonido emitido en el local desaparece después de suprimir el foco sonoro. La persistencia de un sonido en un local, después de suprimido el foco sonoro se llama reverberación.

El tiempo de reverberación de un local se define arbitrariamente como el tiempo necesario para que la intensidad disminuya hasta una millonésima de su valor inicial, o para que el nivel de intensidad disminuya en 60 dB. El cálculo del tiempo de reverberación se realiza a través de expresiones empíricas, todas ellas basadas en principios teóricos de difusión del sonido y posteriormente avaladas por la experiencia.

La importancia de elegir un tiempo de reverberación adecuado viene dada por el destino del local. Se ha encontrado que para satisfacer las mejores condiciones acústicas el tiempo de reverberación no debe superar los 2 segundos. Como los coeficientes de absorción dependen de la frecuencia (explicados en el apartado 2.2-*Absorción Acústica*), el tiempo de reverberación dependerá de la frecuencia. Por lo tanto, es necesario especificar el tiempo de reverberación para las frecuencias más representativas que usualmente son 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. El trabajo inicial de Sabine sobre el tiempo de reverberación se limitaba a una frecuencia de 500 Hz., por lo que la costumbre ha establecido que cuando se habla de tiempo de reverberación sin especificar alguna nos refiramos a la frecuencia de 500 Hz



2.1.3-Tiempo de Reverberación

El tiempo que tarda en hacerse inaudible el sonido en una sala, depende de su intensidad. Para poder hacer comparaciones entre sonidos diferentes, es necesario definir una magnitud que no dependa de su intensidad inicial. Se define el tiempo de reverberación como el tiempo necesario para que la intensidad de un sonido disminuya a la millonésima parte de su valor inicial o, lo que es lo mismo, que el nivel de intensidad acústica disminuya 60 decibelios por debajo del valor inicial del sonido. Por ejemplo, el tiempo de reverberación del teatro de la Scala de Milán es de 1.2 s y el de la Catedral de Colonia es de 13 s.

Medida del tiempo de Reverberación:

Si se realizan medidas del tiempo de reverberación para la misma sala pero con diversos niveles sonoros iniciales, se obtienen valores siempre parecidos. Pero si se realiza para diferentes salas, se obtienen valores diferentes, uno para cada sala.

Para medir el valor de TR de una sala podemos realizar dos tipos diferentes de experimentos:

- a) Si grabamos un sonido seco y después reproducimos la cinta muy despacio escucharemos primero el sonido directo, después las primeras reflexiones y por último la superposición del resto de reflexiones, la reverberación
- b) Si utilizamos una fuente sonora estacionaria, a medida que las diversas reflexiones llegan al micrófono, el nivel sonoro aumenta de forma escalonada. Cuando la energía que proviene de la fuente y la que se pierde por absorción en las superficies de la sala se equilibran, se obtiene un estado estacionario. Si se apaga la fuente sonora, el sonido no se anula inmediatamente, sino que decrece lentamente.



Cálculo del tiempo de Reverberación:

Cuando una fuente sonora situada en una sala se apaga, el tiempo que tarda en desaparecer el sonido depende de cuánta energía se absorba en cada reflexión.

- a) *Fórmula de Sabine:* en 1898 W.C. Sabine propuso la primera ecuación que permitía calcular el tiempo de reverberación TR en un recinto.

La cantidad de energía absorbida por una superficie depende de su tamaño y del material del que esté construida. Estas dos características se combinan en una cantidad denominada área de absorción efectiva, A_{ef} que se define como el producto de su área real por el coeficiente de absorción. El coeficiente de absorción de los materiales depende de la frecuencia, por lo que el tiempo de reverberación también.

La otra cantidad que afecta al decrecimiento del sonido es la rapidez con la que la energía sonora llega hasta las paredes antes de ser reflejada o absorbida. Esto depende de la intensidad del sonido ambiente, que a su vez depende del volumen de la sala.

Fórmula de Sabine:

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}} \text{ (s)}$$

Fórmula 2.1 Fórmula de Sabine

Coefficiente de absorción

$$\alpha = \frac{\text{Energía Absorbida}}{\text{Energía Incidente}}$$

Fórmula 2.2 Coeficiente de absorción

Absorción total

$$A_{tot} = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_i S_i$$

Fórmula 2.3 Absorción total



Coefficiente Medio de absorción

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{tot}}{S}$$

Fórmula 2.4 Coeficiente medio de absorción

Fórmula de Sabine equivalente

$$RT = \frac{0,161 V}{\bar{\alpha} S_t}$$

Fórmula 2.5 Fórmula de Sabine equivalente

Todos estos cálculos se realizan para cada banda de frecuencia, entre 63 y 20000Hz.

- b) Se sabe que la ecuación de Sabine sobrestima el valor de TR cuando la absorción es alta.

Hacia 1930, Eyring y Norris desarrollaron independientemente una ecuación para este caso:

$$RT = \frac{0,161 V}{-S \ln (1 - \bar{\alpha})}$$

Fórmula 2.7 Fórmula de Eyring



2.1.4-Factores para el diseño de locales o reforma de locales

La acústica de un local depende de los varios factores: tiempo de reverberación adecuado al uso y tamaño de la sala, balance adecuado entre sonido directo y reverberante, intimidad y buena difusión del sonido en la sala para obtener un sonido uniforme. Para saber si se dan todos estos factores, se estudian los parámetros acústicos. Nosotros a lo largo de este proyecto estudiaremos ciertos parámetros acústicos capturados en EASE, que nos indicaran si la sala es buena, mala y nos darán una idea de cómo mejorarla. Estos parámetros son explicados en el apartado *2.3-Parámetros Acústicos*.

Una buena acústica necesita de un balance adecuado entre el sonido directo y el campo sonoro reverberante. Puesto que la intensidad del sonido directo decrece con el cuadrado de la distancia a la fuente, es imposible tener una relación constante a través de todo el recinto.

La intimidad es una cualidad que depende de la recepción de las primeras reflexiones. Estas primeras reflexiones deben ser numerosas y estar distribuidas uniformemente en el tiempo. Aquellas reflexiones que lleguen al oído dentro de los 50 ms después del sonido directo producen un reforzamiento del sonido y en consecuencia una mejora del mismo. Estos 50 ms corresponden a una diferencia entre el sonido directo y el reflejado de aproximadamente 15 metros por lo que se procurará que los caminos del sonido directo y reflejado no se diferencien más de 15 metros.

Otra característica a tener en cuenta es conseguir una uniformidad del sonido en el local. Por lo tanto, el campo sonoro reverberante debe difundirse rápidamente para que haya una mezcla adecuada y uniforme del sonido en todo el recinto. Una buena difusión se consigue con una colocación adecuada de los materiales absorbentes con objeto de conseguir la máxima dispersión sonora. La difusión del sonido se puede mejorar con la aportación de objetos varios como lámparas, muebles, etc.



2.2-ABSORCIÓN ACÚSTICA [1]:

2.2.1-Introducción

La propagación del sonido en recintos cerrados se ve influenciado por la presencia de las superficies que los limita. En efecto, las ondas sonoras, al chocar contra las paredes, pierden parte de su energía, al ser absorbida por ellas, reflejando el resto de energía al interior de las salas.

En el caso ideal que los materiales que constituyen las paredes fuesen totalmente absorbentes, no existirían ondas reflejadas y la propagación sería similar a la que se presenta en situación de campo libre o anecoico. Si, por el contrario, las paredes del recinto fuesen totalmente reflejantes, las ondas sonoras sufrirían una serie de reflexiones; en esta situación, se dice que el campo es reverberante.

En la práctica, las situaciones nunca son totalmente anecoicas o reverberantes, ya que siempre existe una cierta absorción acústica en los recintos.

Coefficiente de absorción y reflexión

Se define el Coeficiente de Absorción de un material como la relación entre la energía que absorbe y la energía de las ondas sonoras que inciden sobre él por unidad de superficie.

$$\alpha = \frac{E_{\text{absorbida}}}{E_{\text{incidente}}}$$

Fórmula 2.8 Coeficiente de absorción

Valores de igual a 1 indican que toda la energía sonora incidente es absorbida, mientras que $\alpha = 0$ representa que toda la energía es reflejada.



El *Coefficiente de Reflexión* de un material se definirá como la relación entre la energía reflejada y la incidente. Está relacionado con α , según la expresión:

$$\beta = 1 - \alpha$$

Fórmula 2.9 Coeficiente de reflexión

La absorción de los materiales depende de la frecuencia es por esto que de la observación de (4) deducimos que la presión efectiva del campo reverberante depende también de la frecuencia y constituirá una característica del recinto.

En cada punto esa presión reverberante será suma de componentes que llegan después de reflejarse en las paredes del recinto y que no estarán en fase, y que son consecuencia de llegadas consecutivas de ondas retardadas y amortiguadas de forma diferente por los distintos caminos recorridos, y los distintos modos de propagación (refracción, reflexión, difracción, etc) todos también dependientes de la frecuencia.

A continuación mostraremos los coeficientes de absorción de los materiales utilizados en el proyecto. Están los que había en las salas originales y los que hemos introducido en la propuesta de mejora:

MATERIAL		ABSORCIÓN ACÚSTICA (Hz)					
		125	250	500	1K	2K	4K
1	Vidrio 6mm	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
2	Cemento Pintado (enlucido paredes)	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03
3	Madera pintada	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
4	Baldosas	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
5	Asiento de Plástico	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
6	Asiento de Cuero	0.44	0.54	0.6	0.62	0.58	0.5
7	Plástico	0.03	0.03	0.06	0.1	0.1	0.1
8	Madera metalizada pintada	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
9	Techo de Escayola	0.14	0.1	0.06	0.04	0.04	0.03
MATERIAL REFORMA ACÚSTICA		ABSORCIÓN ACÚSTICA (Hz)					
		125	250	500	1K	2K	4K
1	Alfombra acústica	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.72
2	Techo Panel acústico Brisa	0.6	0.75	0.75	0.8	0.87	0.96
3	Panel (Paredes)acústico AcustiForo TP16 Cámara de 200mm	0.97	0.8	0.82	0.75	0.62	0.6
4	modelo 2 cámara de 50 mm	0.3	0.45	0.78	0.9	0.77	0.7
5	Panel (Paradse) acústico Acustisión®50	0.2	0.4	0.84	0.8	0.9	0.86
6	Panel resonador TR-R9	0.95	0.7	0.2	0.19	0.17	0.15
7	Cortina Acústica	0.12	0.4	0.85	0.9	0.92	0.94

Tabla 2.1 Coeficiente de Absorción de los materiales utilizados



2.2.2-Control de la Absorción

Materiales Absorbentes:

Son materiales que transforman energía sonora en calor en su interior. Son siempre porosos, como representantes de ellos tenemos las fibras vegetales, minerales, foam, alfombras, plásticos blandos, telas acústicas, etc. se caracterizan por tener una absorción en función de la frecuencia y según se representa en la figura 3. Influyendo en la absorción el espesor, la densidad y la distancia de colocación con respecto a las paredes, produciéndose en todos los casos efectos similares al aumento de los parámetros y estos son un desplazamiento de la curva de la absorción hacia arriba.

Membranas Absorbentes:

Son paneles de vidrio, madera, etc, montados en bastidores y con cavidad rellena de material absorbente. Resuenan a una frecuencia dada por:

$$F = \frac{60}{\sqrt{MD}}$$

Fórmula 2.10 Frecuencia de resonancia de los resonadores

Donde M es la densidad superficial en Kg/m² y D es la profundidad de la cavidad.

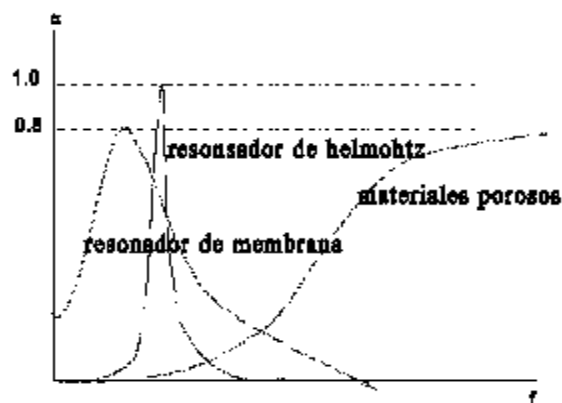


Figura 2.2 Curvas de absorción de resonadores.



La curva de absorción típica es la dada por figura 3, y se observa que Q (resonancia) disminuye con el absorbente de la cavidad. Un típico material se puede considerar el vitrofib con placa de yeso.

Resonadores de Helmholtz:

-De tipo botella

Los *de botella*, tienen forma de garrafa y la frecuencia de resonancia viene dada por:

$$F = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LV}}$$

Fórmula 2.11 Frecuencia de Resonancia de resonadores de tipo botella

Donde c es la velocidad del sonido, S es la superficie del cuello (abertura), L es la longitud efectiva del cuello, la cual toma el valor de la longitud del cuello más 1.6a, siendo a el radio del cuello, y V el volumen de la cavidad^[1]

-De tipo perforado

Son placas montadas sobre rastréles y perforadas que tienen una frecuencia de resonancia a :

$$F = 667 \sqrt{\frac{p}{DT}}$$

Fórmula 2.12 Frecuencia de Resonancia de resonadores de tipo perforado

T es la profundidad efectiva=a la anchura del panel+0.8d

D la profundidad.

y p es porcentaje de perforación



- *De tablilla*

Se construyen espaciando tablillas, dejando rendijas entre ellas.

Constituyendo el aire de la cavidad y el que contenido entre rendijas un conjunto muelle más cámara de compresión, actuando como un conjunto LC. Las frecuencias de resonancia vienen dadas por :

$$f=7200 \text{ r/d} \cdot D \cdot (w+r)$$

Fórmula 2.13 Frecuencia de Resonancia de resonadores de tablilla

donde r es el ancho de la rendija

w es el ancho de tablilla

D es la profundidad del aire y

d es la profundidad efectiva de la tablilla=1.2 veces el grosor de esta.

Trampas de Bajos para controlar la intensidad de la energía:

Por último hablaremos de las trampas de bajos, si sobre una determinada superficie queremos tener un punto de absorción -1, lo que haremos es construir una oquedad con una profundidad de 1/4 de la longitud de onda, con ello tendremos en la superficie, velocidad máxima y presión mínima si el camino de retorno lo amortiguamos, obtendremos una superficie de absorción -1 para la frecuencia dada.



Difusores:

El último recurso que tenemos para variar las condiciones acústicas son los difusores. Estos distribuyen de forma estadística la energía que llega a ellos haciendo desaparecer ondas estacionarias y alisando la caída del tiempo de reverberación, estos difusores se construyen: achaflanando paredes, construyendo superficies convexas, no concentrando la absorción para favorecer los procesos de difracción.

Modernamente se han realizado profundos estudios por Somerville and Schroeder para conocer que superficies difunden mejor y se ha llegado a diversas consideraciones:

- superficies con salientes por lo menos $1/7$ de la longitud de onda son efectivos difusores
- que las irregularidades rectangulares son más eficientes que las triangulares o cilíndricas

Schroeder sugirió secuencias de máxima longitud para diseñar superficies surcadas con una concatenación de superficies de coeficiente de absorción $+1$ y -1 , donde los coeficientes -1 son surcos de profundidad $1/4$ y los $+1$ superficies duras. Los difusores así contruidos tienen un ancho de banda de una octava.



2.3-PARÁMETROS ACÚSTICOS [4]:

A continuación explicaremos los parámetros y sus valores óptimos acústicos que utilizaremos a lo largo del proyecto (simularemos en EASE), tanto para estudio acústico de las salas originales, como para clasificar las salas en buenas, normales o buenas, según su uso.

Los parámetros acústicos utilizados son:

2.3.1-Sonido Directo

Es el sonido que va desde la fuente al observador, siendo el mismo que tenemos bajo las condiciones de campo libre. El sonido directo es un indicativo del sistema acústico, ya que si tienes una buena cobertura de sonido directo, tienes un buen sistema.

Una buena cobertura se describe como plana y que varíe menos de 3dB.

2.3.2-Sonido Total

El sonido Total muestra el sumatorio de la energía directa y la reverberante en dB.

2.3.3-LSPK Overlap

El Lspk Overlap (solapamiento de altavoces) proporciona información sobre la cantidad de altavoces que están proporcionando presión a un área determinada. Esto sucederá si la potencia proporcionada por los motores en ese punto es comparable.



Si el valor es 1 quiere decir que no existe solapamiento, así como valores mayores indicarán la cantidad.

Como norma general valores mayores que 1,5 indicarán que en la localización se pueden esperar efectos indeseados, como por ejemplo el efecto peine.

No tiene porque ser un problema siempre que el retardo del sonido proveniente de los altavoces afectados en el punto a medir sea inferior al tiempo que el oído es capaz de diferenciar.

Valores

1 -> no hay interferencia entre altavoces

> 1 -> hay interferencia

< 1 -> interferencia indeseada

2.3.4-Distancia Crítica

Muestra la relación entre sonido directo y el reverberante en términos de distancia. La distancia crítica es la distancia a la que el sonido directo y el reverberante son iguales. Esto se representaría con un 1.

Una representación con un número mayor que uno indica que el nivel de sonido reverberante en ese punto es mayor que el sonido directo proveniente de los altavoces. Valores menores a 1 indican lo contrario.

Está relacionado con la inteligibilidad y depende de la distancia, las características acústicas de la sala y la directividad de la fuente.

$$r_H = 0,057 \sqrt{\frac{V}{RT}}$$

Fórmula 2.14 Distancia crítica



2.3.5-Relación D/R

D/R Ratio muestra la relación entre el sonido directo y el reverberante en dB. Cero dB indica que los sonidos son iguales. Números inferiores a 0 significarán que el sonido reverberante es más alto que el directo, así como los valores superiores a 0 indicarían lo contrario.

2.3.6-Tiempo de llegada

Muestra los tiempos de llegada del sonido directo de los altavoces en ms. Es muy útil para determinar el delay necesario en la distribución de los sistemas de altavoces.

2.3.7-ITD Gap

Mide el tiempo que transcurre desde que llega el sonido hasta que se recibe la primera reflexión significativa.

Importante a la hora de determinar la posición apropiada para los altavoces, así como para calcular retardos en sistemas distribuidos.

Beranek lo relaciona con la sensación de “intimidad acústica”, es decir, la impresión del tamaño de un recinto.

Berane aconseja siempre valores inferiores a 20 ms para una posición central frente al escenario.



2.3.8-Claridad

Define la inteligibilidad de la palabra y de la música cantada

$$C50 = 10 \log \frac{\int_0^{50\text{ms}} p^2(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} p^2(t) dt} \quad (\text{dB})$$

Fórmula 2.15 Claridad

En la palabra, las reflexiones que llegan al oyente dentro de dicho intervalo son integradas por el oído humano con el sonido directo y, por tanto, contribuyen a aumentar la claridad.

Las cuatro bandas de estudio son 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. Un equivalente al C50 es el grado de definición D, también llamado D50 que se expresa en %.

La claridad de una sala con TR normal se considera buena si los valores son superiores a 0 dB. Para salas con un TR elevado se considera buena la claridad a partir de 5 dB.

2.3.9-AI Cons

Es el % medio de la pérdida de la articulación de constantes de las consonantes de un oyente. Cuanto más cerca esté el oyente de la fuente la inteligibilidad será mayor. Lo mismo ocurre cuanto menor sea el TR.

Existe una relación entre las bandas frecuenciales y el AI Cons:

- 500 Hz: es la banda más baja en la que se considera la inteligibilidad de la voz. Su contribución es aproximadamente del 16%.



- 1000 Hz: es la frecuencia media en la que considera la inteligibilidad de la voz. Su contribución es aproximadamente del 25%.

-2000 Hz: es la frecuencia más alta en la que se considera la inteligibilidad de la voz. Su contribución es aproximadamente del 34%. Esta frecuencia se ha usado como factor estándar de AI Cons en los EE.UU.

- Las frecuencias inferiores a 500 Hz añadirían cuerpo y las superiores a 2000 Hz añadirían brillo.

Valores óptimos:

- 0-3 -> Excelente.
- 3-7 -> Bien.
- 7-11 -> Aceptable.
- 11-15 -> Pobre.
- +12 -> Inaceptable

2.3.10-RASTI

RASTI significa "*Speech Transmission Index*" y fue definido por Houtgast y Steeneken (70s). Sus valores oscilan entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima). Su cálculo es muy complejo. RASTI son las siglas de "*Rapid Speech Transmission Index*" y está patentado por la empresa danesa Brüel & Kjær.

Surge como simplificación del parámetro STI para reducir así el tiempo de cálculo. Se calcula reduciendo el número de frecuencias moduladoras y portadoras. Permite cuantificar la inteligibilidad de la palabra entre 0 y 1.

Valores:

- 0.75-1 -> Excelente.
- 0.6-0.75 -> Bien.
- 0.45-0.6 -> Adecuado.
- 0.3-0.45 -> Pobre.
- 0-0.3 -> Inaceptable



2.3.11-Calidez

La Calidez acústica BR (Bass Ratio) indica cómo responde la sala a baja frecuencia.

Una buena respuesta a bajas frecuencias, da riqueza a los graves, suavidad y melosidad.

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KH}))$$

Fórmula 2.16 Calidez

3.3.12-Brillo

Nos indica la relación de la sala entre las frecuencias altas y las frecuencias medias.

Una buena respuesta a altas frecuencias, nos quiere decir que el sonido es brillante, claro y rico en armónicos. Representa la calidad de la sala para la música.

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KH}))$$

Fórmula 2.17 Brillo



CAPITULO III:

**SIMULACIÓN EN EASE 4.1 Y
ESTUDIO ACÚSTICO**

3.1-DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y SIMULACIÓN EN EASE 4.1

El edificio Zabala, consta de tres plantas con diversas salas y despachos. En este proyecto se va a centrar en tres salas, las que se utilizan para realizar, reuniones, exposiciones, conferencias, videoconferencias, ruedas de prensas...



Imagen 3.1 Edificio Zabala

Las tres salas en las que se va a llevar a cabo nuestra propuesta de mejora se llamarán: Sala de conferencia grande, sala de videoconferencia y sala de reuniones. Las tres salas son malas acústicamente, principalmente para la palabra, que es el caso en el que se necesita el menor tiempo de reverberación posible.

La sala de Conferencia Grande es la mejor de las tres, aunque no es muy buena (como veremos próximamente en el estudio de la sala). La sala de videoconferencia ya la de reuniones son muy malas, tienen mucho cristal y las paredes son paralelas y próximas.

A continuación se va a detallar las salas con los elementos hay en ella.

3.1.1-Sala de Conferencia Grande

Es la sala de mayor tamaño de las que se vas a proponer la mejora acústica. Tiene un volumen de unos 243 m³. Es la sala en la que se hacen conferencias, exposiciones de los proyectos llevados a cabo en la empresa.

A continuación se muestra la sala de conferencia grande dibujada en EASE:

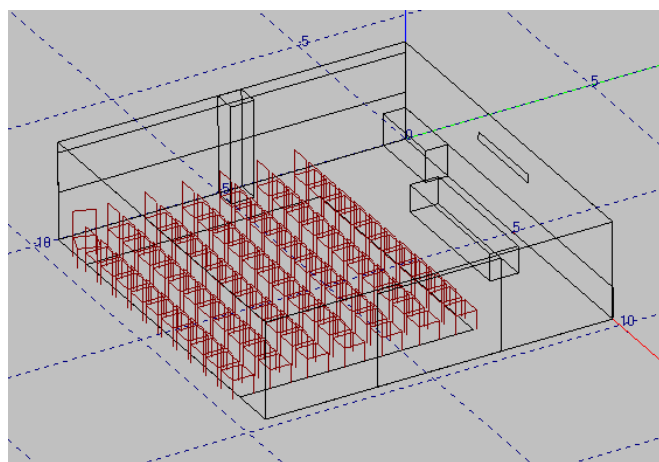


Figura 3.1 Sala de Conferencia Grande en EASE

Véase como la sala está llena de sillas, enfocadas hacia una mesa central donde se realizarían las exposiciones. También hay un armario en la sala.

El techo de la sala es un techo acústico de la compañía Movinord, aunque lo cambiaremos en la propuesta de mejora ya que no es suficientemente absorbente.

La pared principal (a la que enfocan las sillas) y la trasera (enfrente de la principal) son de cemento pintado.

La pared de que da a la calle es de cemento y tiene una ventana que ocupa toda la pared.

La venta tiene una rejilla hacia el interior de la sala. Y el suelo se de baldosas.

En el techo tenemos 9 altavoces:

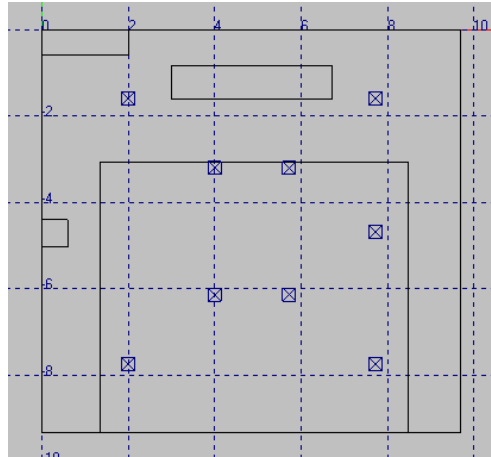


Figura 3.2 Disposición de los Altavoces en el techo de la sala

3.1.2-Sala de Videoconferencia

Esta sala se utiliza principalmente para realizar videoconferencias con sedes de la empresa en el extranjero o en otras ciudades de España. Tiene un equipo de videoconferencia con el cuál llevan a cabo las videoconferencias.

Esta sala es más pequeña que la anterior, tiene un volumen de 85m³. Es una sala muy mala para la palabra ya que tiene muchísimo cristal y las paredes son paralelas y están próximas.

A continuación mostramos la sala introducida en EASE:

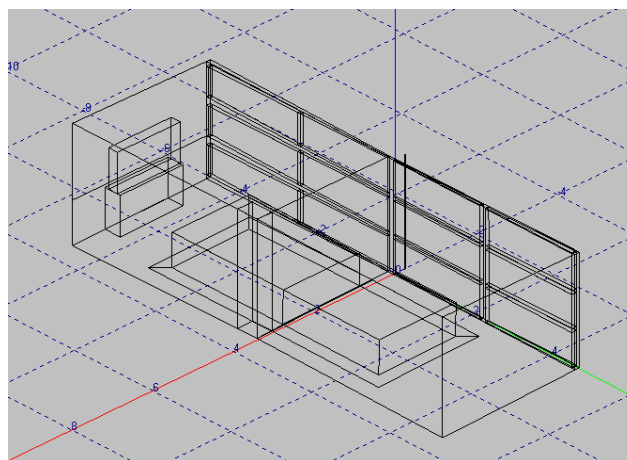


Figura 3.3 Sala de videoconferencia en EASE

El techo de la sala es de escayola.

Las paredes todas, excepto en la que se encuentra la televisión, son de cristal, la que da hacia la calle tiene un marco de madera.

En medio hay una mesa central muy grande que ocupa prácticamente toda la habitación rodeada de sillas de cuero.

En el techo hay dos altavoces:

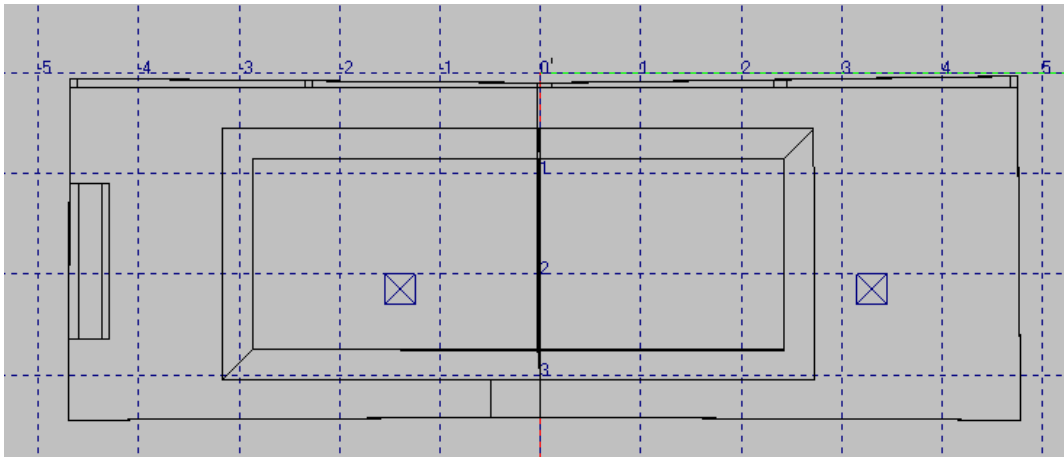


Figura 3.4 Disposición de los Altavoces en Sala de Videoconferencia

3.1.3-Sala de Reuniones

Se trata de la sala más pequeña de las tres. En ella principalmente se realizan reuniones. Es una sala similar a la anterior ya que los materiales que la forman son exactamente los mismo. La única diferencia es el tamaño ya que esta sala es menor a la anterior. Es igual de alta, y tiene la misma anchura, pero es más corta. Tiene un volumen de 50 m3.

La sala vista desde EASE:

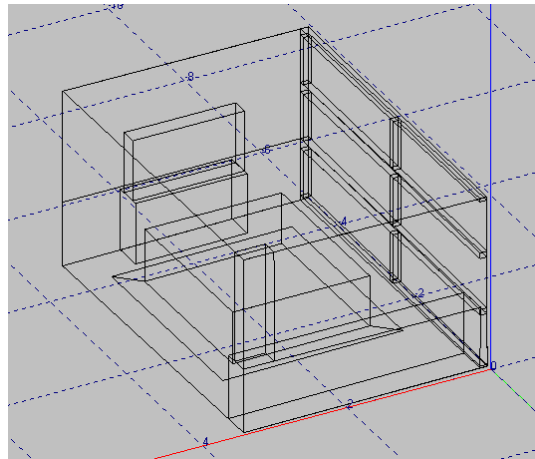


Figura 3.5 Sala de Reuniones en EASE

Los materiales son los mismos que en el caso anterior. En la pared que está frente al televisor hay un armario que ocupa todo el ancho de la pared y de una altura de 80cm, este armario tiene las puertas de cristal (todas las caras son de cristal).

Esta sala solamente tiene un altavoz en el techo

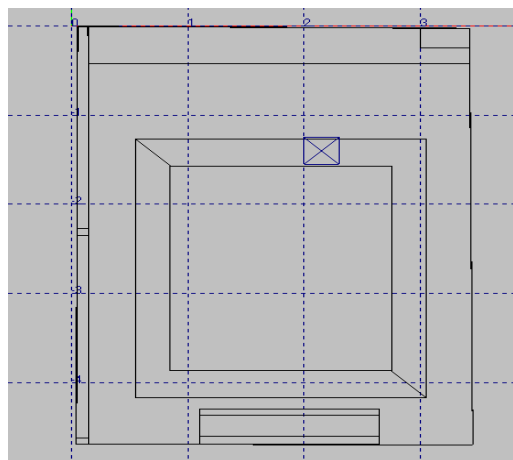


Figura 3.6 Disposición Altavoz sala de reuniones.



3.2-ESTUDIO DE LAS SALAS ORIGINALES

A continuación se va a llevar a cabo el estudio acústico, con los parámetros disponibles para el mapeo en EASE, fijándose principalmente en el valor de dichos parámetros en las zonas de audiencia de las salas, es decir, las zonas de las salas donde se colocarían las personas (son muy fácil de ver en las imágenes).

Los parámetros que se van a tener en cuenta para realizar el estudio de las salas son los siguientes:

1. Tiempo de Reverberación
2. Sonido Directo
3. Sonido Total
4. LSPK Ovelap
5. Distancia Crítica
6. Relación D/R
7. Tiempo de llegada
8. ITD Gap
9. Claridad
10. AI Cons
11. RASTI
12. Calidez
13. Brillo

Todos estos parámetros han sido definidos, explicados e indicado sus valores óptimos en la parte de teoría *2.3-Parámetros Acústicos*.

Para clasificar las salas originales y las mejoras en buenas o no para su uso, la palabra, no se utilizarán todos estos parámetros. Se utilizarán solo los más significativos para saber si la inteligibilidad de la palabra es buena o no, todo ello estás en el apartado *3.3-Clasificación de las Salas según sus parámetros acústicos*.



3.2.1-Sala de Conferencia Grande

1. Tiempo de Reverberación:

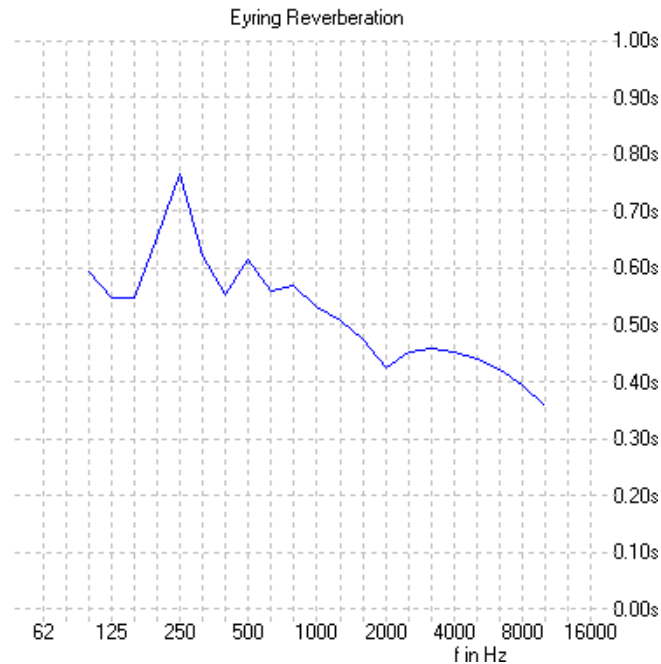


Figura 3.7 Tiempo de reverberación de la sala de Conferencia Grande.

Vease el tiempo de reverberación de la sala, como son valores elevados y no siguen una linealidad. Mediante la propuesta de mejora se debiera fijar en el tiempo de reverberación ya que es uno de los parámetros más importantes, normalmente, cuando mejora el tiempo de reverberación al realizar una mejora acústica mejoran todos los parámetros.

La Sala original no es muy buena para la palabra, aunque tampoco es catastrófica, pero se deberá mejorar hasta que sea buena para la palabra.

2. Sonido Directo:

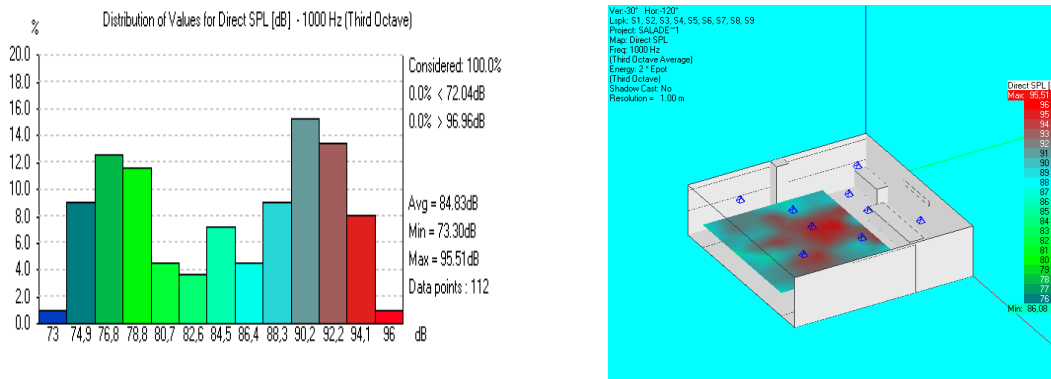


Figura 3.8 Sonido directo de la sala de Conferencia Grande.

Nos indica el nivel de sonido que llega al área de audiencia sin ninguna reflexión. Véase como son valores elevados, lo que quiere decir que el sistema es bueno ya que hay una buena cobertura de sonido directo.

3. Sonido Total:

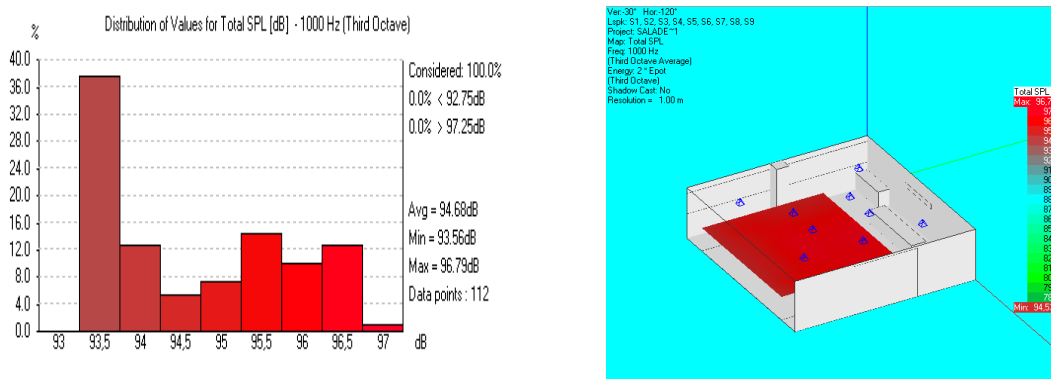


Figura 3.9 Sonido total de la sala de Conferencia Grande.

La suma de la energía directa y la reverberante (en db) tiene valores buenos, ya que para la palabra son suficientes. Son un poco altos, pero bastaría con bajar el volumen del micrófono al hablar.

4. LSPK Overlap:

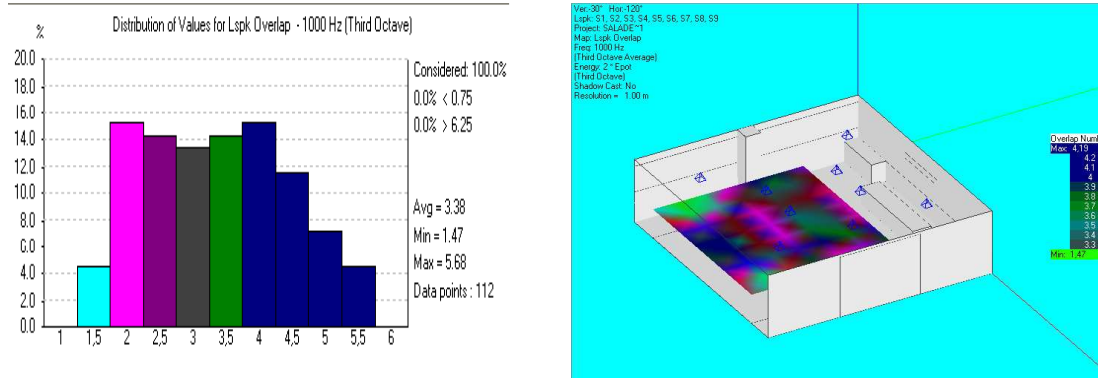


Figura 3.10 LSPK Pverlap de la sala de Conferencia Grande.

Es solapamiento no es malo (aunque lo parezca) ya que solo es considerado cuando el tiempo de llegada es mayor a 50 ms, en este caso es menor, entre 4 y 32 ms, como indica el parámetro 7. *Tiempo de llegada*. Por lo que únicamente aumentara un poco el sonido total.

5. Distancia Crítica:

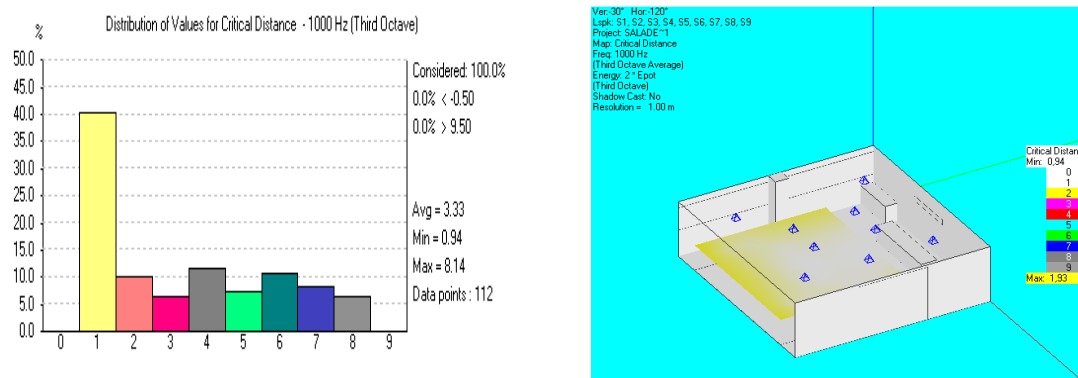


Figura 3.11 Distancia crítica de la sala de Conferencia Grande.

La distancia crítica toma en el área de audiencia (la parte a estudiar) valores entre 0 y 1. Esto indica que en los puntos donde la distancia crítica menor a 1, el sonido reverberante en ese punto es menor al sonido directo proveniente de los altavoces. Resultado esperado ya que la sala no es excesivamente reverberada.

6. Relación D/R:

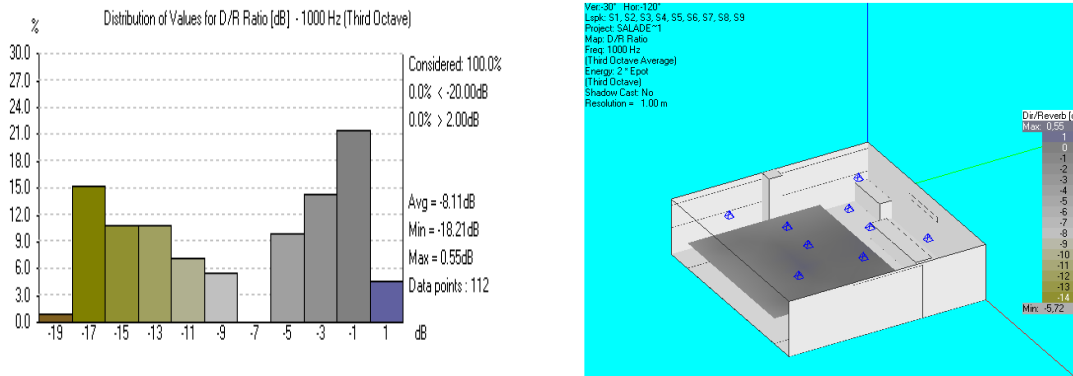


Figura 3.12 Relación D/R de la sala de Conferencia Grande.

Los números son negativos lo que nos indica que el sonido reverberante es más bajo que el directo. Coincidiendo con los resultados obtenidos en la Distancia crítica y con la reverberación de la sala.

7. Tiempo de llegada:

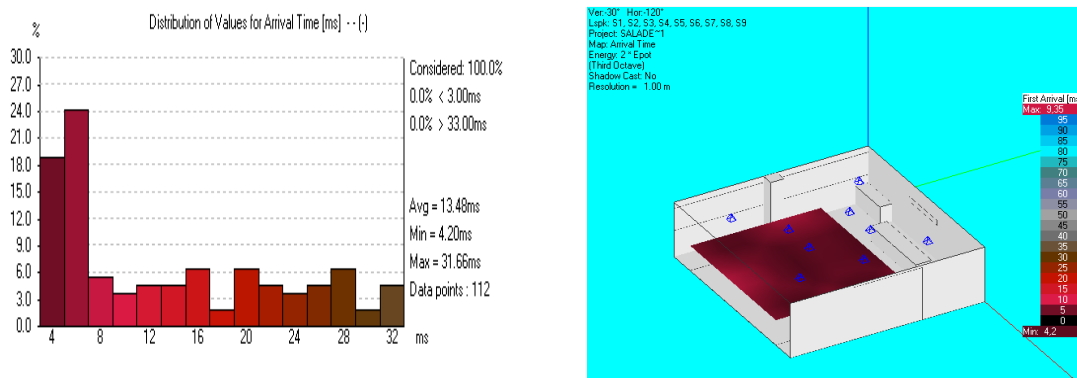


Figura 3.13 Tiempo de llegada de la sala de Conferencia Grande.

El tiempo de llegada oscila entre 4 y 32 ms.+

8. ITD Gap:

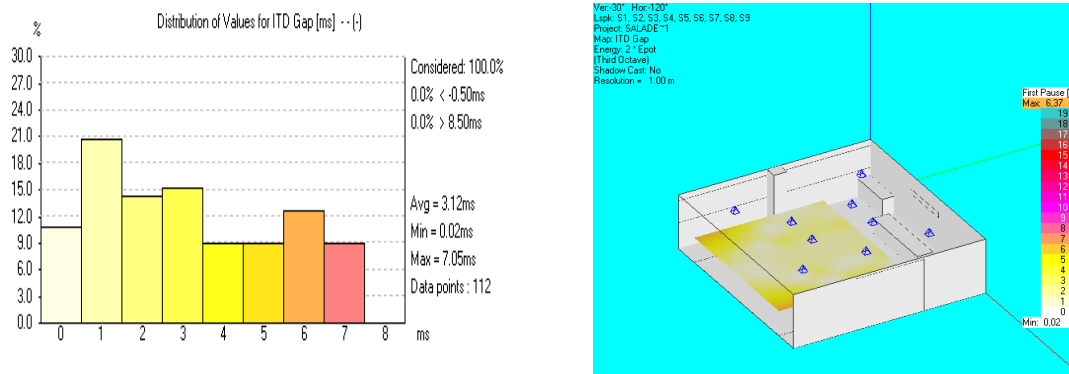


Figura 3.14 ITD Gap de la sala de Conferencia Grande.

El área de audiencia la diferencia en tiempos de llegada entre las dos primeras llegadas de sonido directo oscilan entre 0 y 5ms. Esta información es muy útil de cara a la colocación de nuevos altavoces.

9. Claridad:

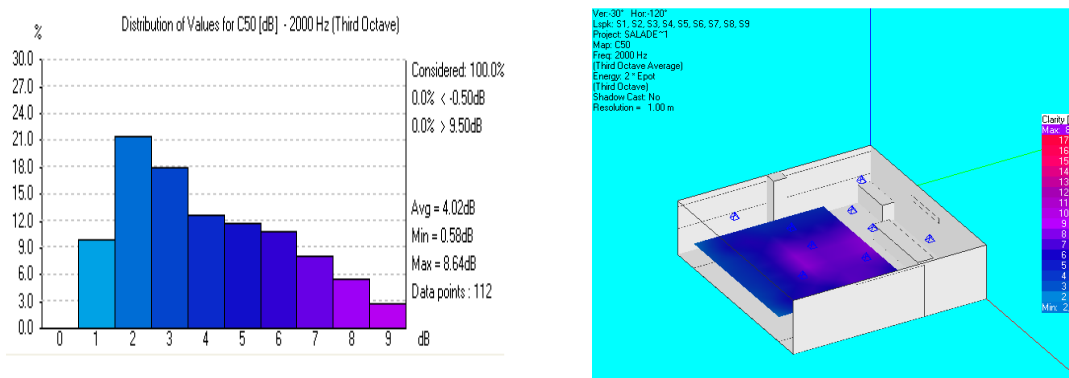


Figura 3.15 Claridad de la sala de Conferencia Grande.

La claridad de la sala original tiene valores entre 1 y 9 dB. Estos valores de la claridad no son considerados buenos ya que al tener un tiempo de reverberación superior al deseado los valores de la claridad deberían ser superiores siempre a 5dB, condición que no se cumple. La sala original según la claridad no es buena.

10. AI Cons:

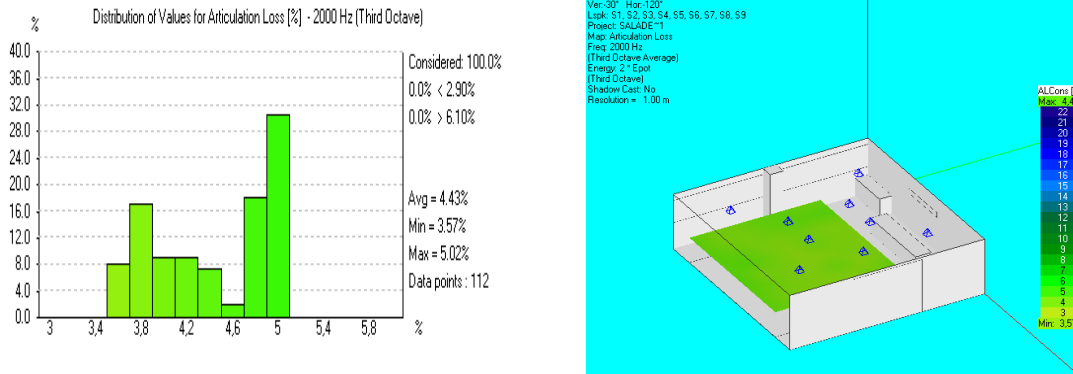


Figura 3.16 AI Cons de la sala de Conferencia Grande.

Se puede observar como los valores de el AI Cons están entre 3,5 y 5. Estos valores indican que la inteligibilidad de la palabra en esta sala es muy buena.

11. RASTI:

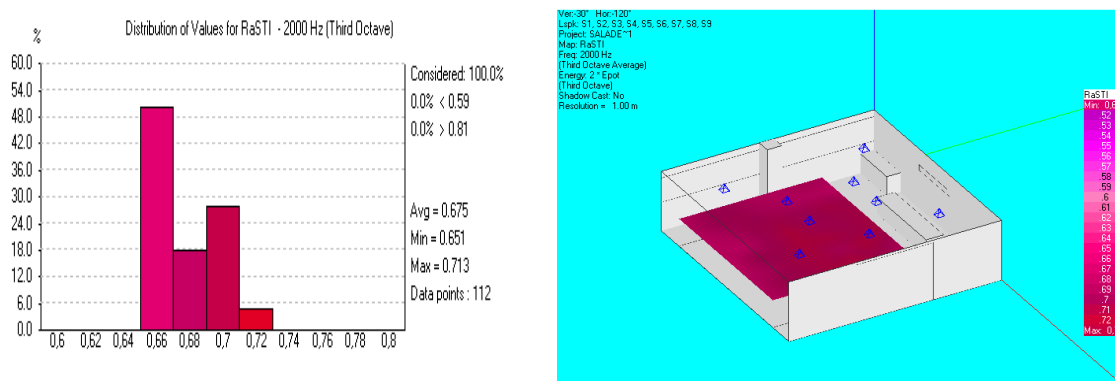


Figura 3.17 RASTI de la sala de Conferencia Grande.

Los valores del RASTI van desde 0.66 hasta 0.72. Lo que nos indica que la inteligibilidad de la palabra de la sala según el RASTI es buena.



12. Calidez:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KHz})) = 1,25$$

13. Brillo:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KHz})) = 0.89$$

Ambos parámetros son más importantes para la música, pero se indican por si algún día se desea utilizar la sala con fines musicales, para conocerlos de antemano.



3.2.2-Sala de Videoconferencia

1. Tiempo de Reverberación:

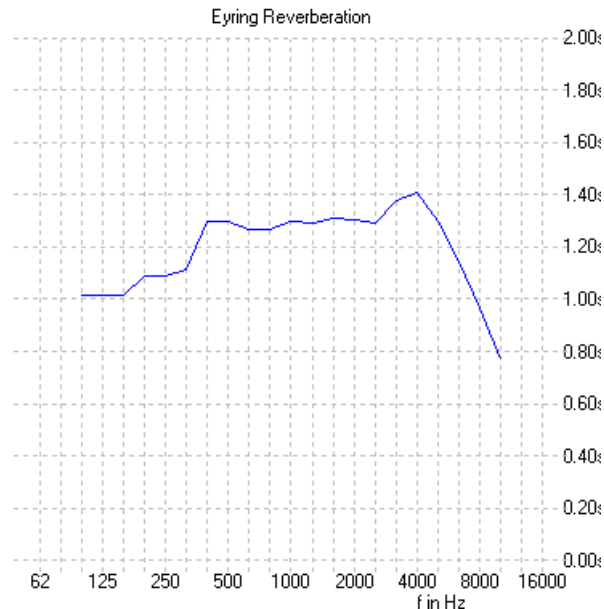


Figura 3.19 Tiempo de reverberación de la sala de Videoconferencia.

El tiempo de reverberación de la sala tiene valores muy elevados y no siguen una linealidad. Mediante la propuesta de mejora se deberá fijar en el tiempo de reverberación ya que es uno de los parámetros más importantes, normalmente, cuando mejora el tiempo de reverberación al realizar una mejora acústica mejoran todos los parámetros.

La Sala original es muy mala para la palabra, así que tendrá que mejorar hasta que sea buena para la palabra.

2. Sonido Directo:

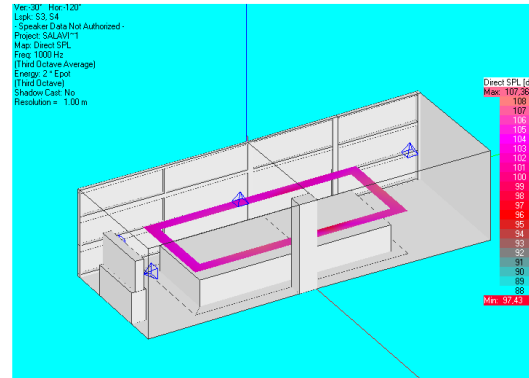
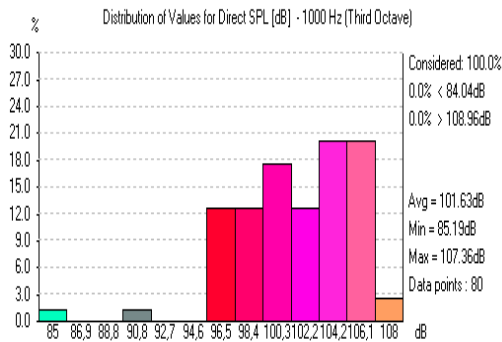


Figura 3.20 Sonido directo de la sala de Videoconferencia.

Indica el nivel de sonido que llega al área de audiencia sin ninguna reflexión. Son valores elevados, lo que quiere decir que el sistema es bueno ya que hay una buena cobertura de sonido directo. Esto era muy previsible, ya que los altavoces están situados justo encima del área de audiencia a unos escasos 2 metros por lo que el sonido llega con mucha fuerza.

3. Sonido Total:

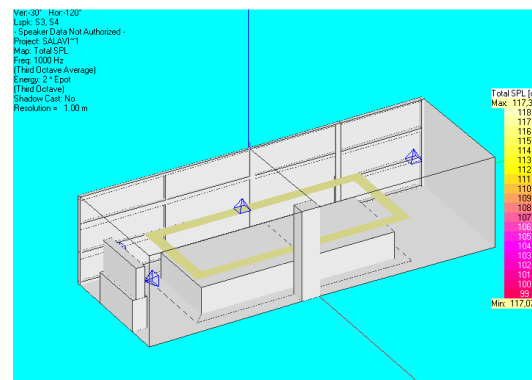
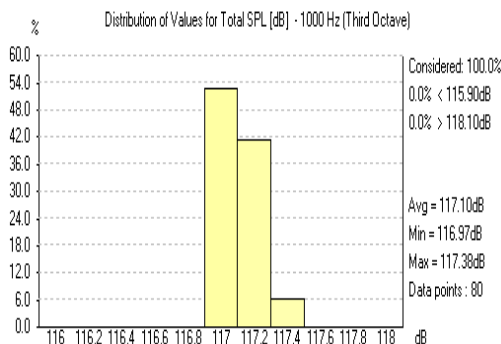


Figura 3.21 Sonido total de la sala de Videoconferencia.

La suma de la energía directa y la reverberante (en db) tiene valores altos, debido a que los altavoces están muy cerca del área de audiencia. Cuando se utilicen no deberán utilizarse a su máxima potencia, sería molesto para el oído.

4. LSPK Overlap:

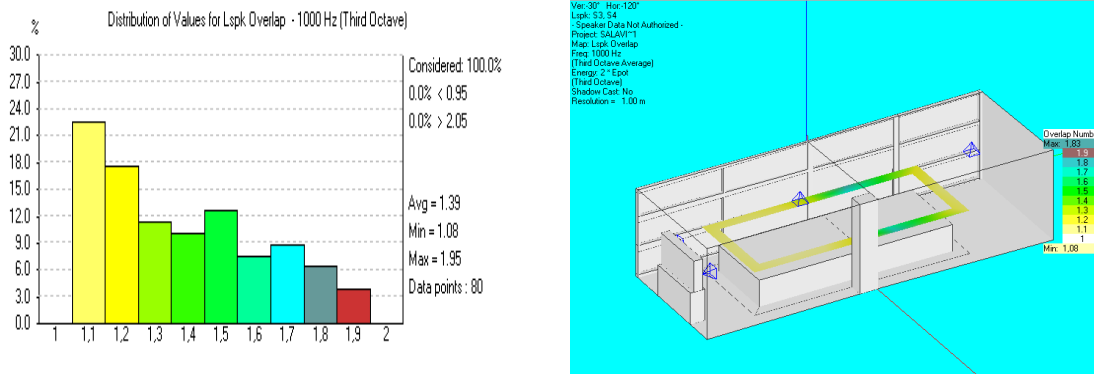


Figura 3.22 LSPK Overlap de la sala de Videoconferencia.

Como el tiempo de llegada es menor a 50 ms, el solapamiento solamente indica el mayor nivel sonoro.

5. Distancia Crítica:

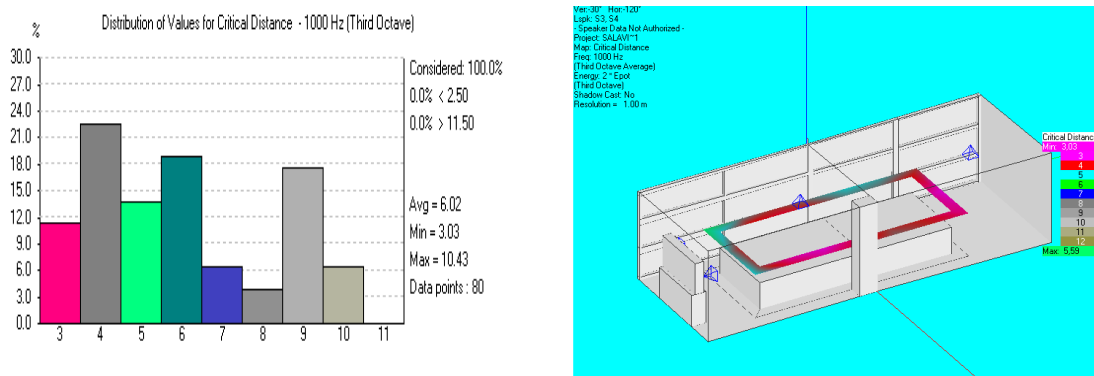


Figura 3.23 Distancia crítica de la sala de Videoconferencia.

La distancia crítica toma en el área de audiencia (la parte a estudiar) valores entre 3 y 6. Esto indica que en los puntos donde la distancia crítica mayor s 1, el sonido reverberante en ese punto es mayor al sonido directo proveniente de los altavoces. Resultado esperado, ya que se trata de una sala muy reverberante, como hemos visto en los resultados del TR.

6. Relación D/R:

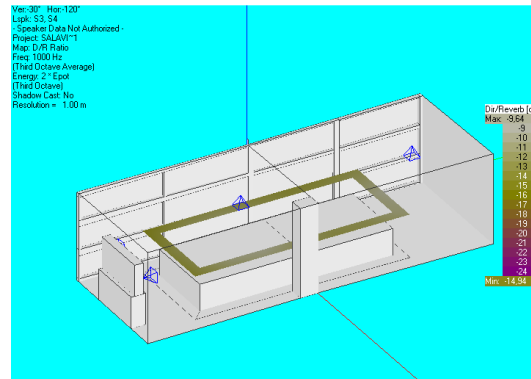
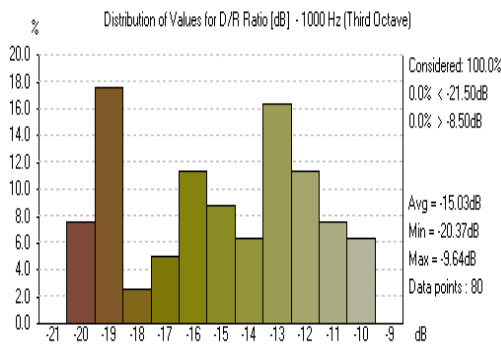


Figura 3.24 Relación D/R de la sala de Videoconferencia.

Indica el ratio entre el sonido directo y el reverberante en términos de dB. Véase como todos los valores son negativos, lo que nos indica que el sonido reverberado es mayor que el directo. Coincidiendo con la distancia crítica y los resultados de la reverberación.

7. Tiempo de llegada:

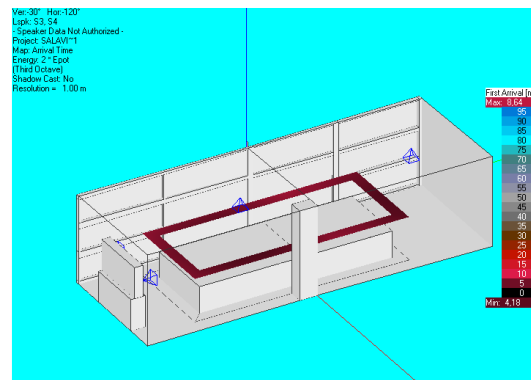
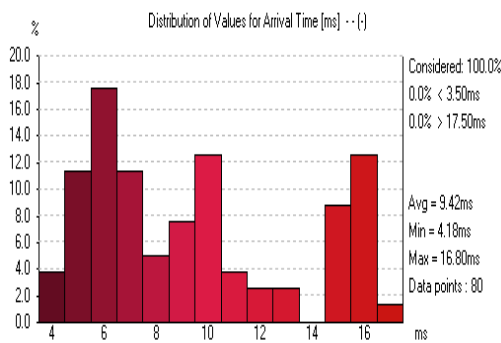


Figura 3.25 Tiempo de llegada de la sala de Videoconferencia.

El tiempo de llegada oscila entre 4 y 10 ms en la zona de audiencia.

8. ITD Gap:

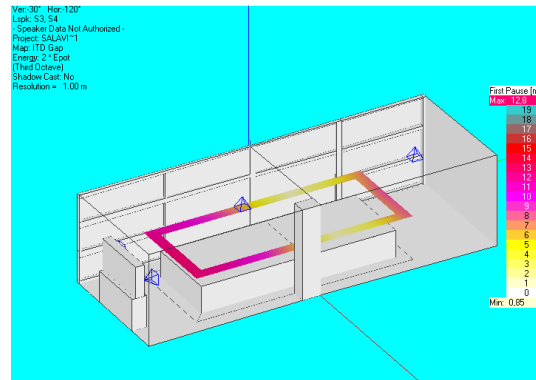
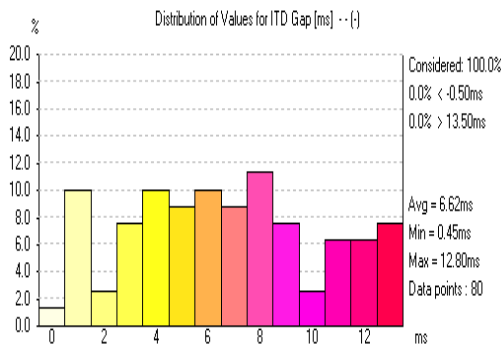


Figura 3.26 ITD Gap de la sala de Videoconferencia.

El área de audiencia la diferencia en tiempos de llegada entre las dos primeras llegadas de sonido directo oscilan entre 0 y 13ms. Esta información es muy útil de cara a la colocación de nuevos altavoces.

9. Claridad:

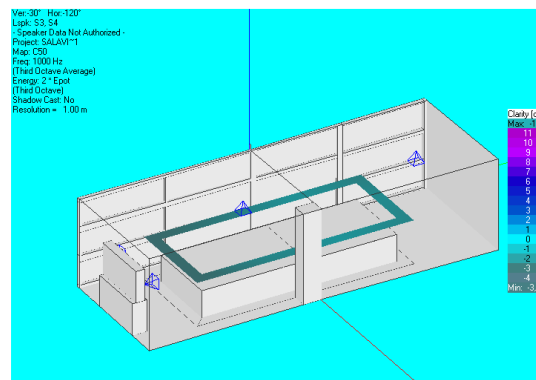
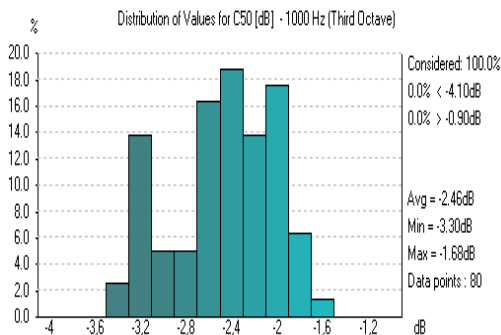


Figura 3.27 Claridad de la sala de Videoconferencia.

La claridad de la sala original tiene valores entre -3,6 y -1,6 dB. Estos valores de la claridad no son considerados buenos ya que al tener un tiempo de reverberación superior al deseado los valores de la claridad deberían ser superiores siempre a 5dB, condición que no se cumple. La sala original según la claridad no es buena, es muy mala y este es un parámetro importante que tendremos que mejorar.

10. AI Cons:

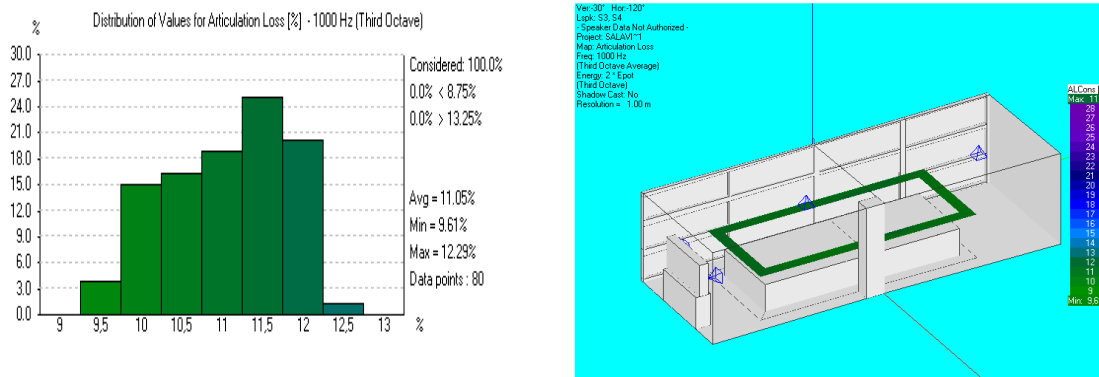


Figura 3.28 AI Cons de la sala de Videoconferencia.

Se puede observar como los valores de el AI Cons en el área de audiencia están entre 9,5 y 12,5. Estos valores indican que la inteligibilidad de la palabra en esta sala es pobre. Con la propuesta de mejora se deberá mejorar considerablemente este parámetro.

11. RASTI:

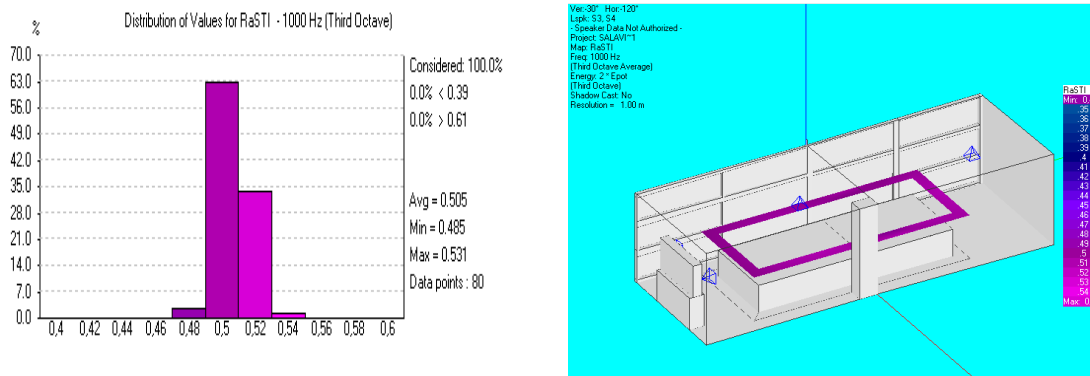


Figura 3.29 RASTI de la sala de Videoconferencia.

Los valores del RASTI antes de la propuesta de mejora van desde 0.46 hasta 0.54. Lo que nos indica que la inteligibilidad de la palabra de la sala según el RASTI es adecuada. Teniendo en cuenta que es una sala para realizar reuniones, videoconferencias... es decir, para hablar principalmente, interesaría que la inteligibilidad de la palabra sea más que adecuada.



12. Calidez:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KHz})) = 0,79$$

13. Brillo:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KHz})) = 1,01$$

Ambos parámetros son más importantes para la música, pero los indicamos por si algún día se desea utilizar la sala con fines musicales, para conocerlos de antemano.



3.2.3-Sala de Reuniones

1. Tiempo de Reverberación:

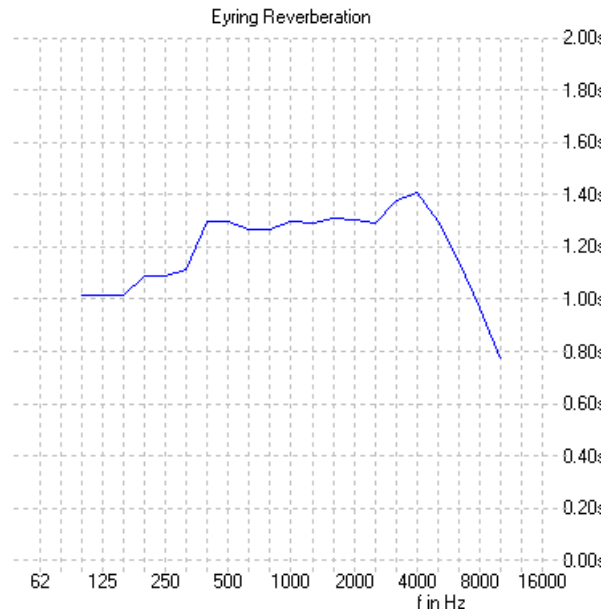


Figura 3.30 Tiempo de reverberación de la sala de Reuniones.

Vease el tiempo de reverberación de la sala, como son valores muy elevados y no siguen una linealidad. Mediante la propuesta de mejora se deberá fijar en el tiempo de reverberación ya que es uno de los parámetros más importantes, normalmente, cuando mejora el tiempo de reverberación al realizar una mejora acústica mejoran todos los parámetros.

La Sala original es muy mala para la palabra, así que se tendrá que mejorar hasta que sea buena para la palabra.

2. Sonido Directo:

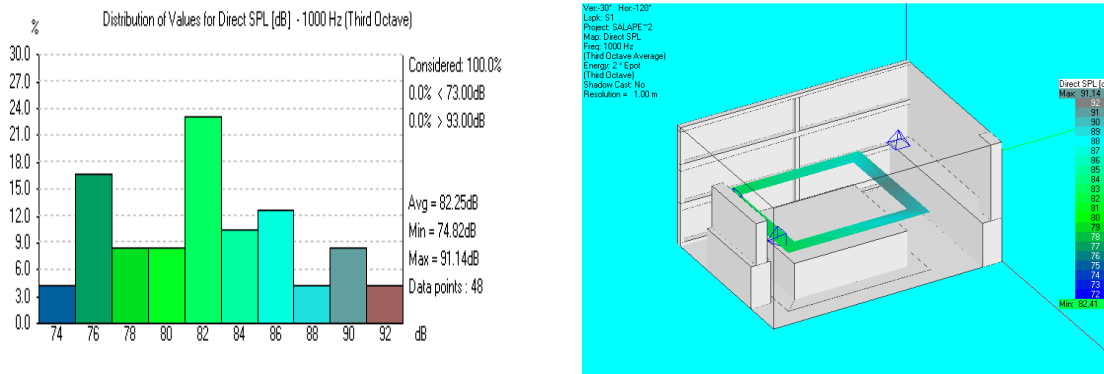


Figura 3.31 Sonido directo de la sala de Reuniones.

Indica el nivel de sonido que llega al área de audiencia sin ninguna reflexión. Son valores elevados, lo que quiere decir que el sistema es bueno ya que hay una buena cobertura de sonido directo. Esto era muy previsible, ya que los altavoces están situados justo encima del área de audiencia a unos escasos 2 metros por lo que el sonido llega con mucha fuerza.

3. Sonido Total:

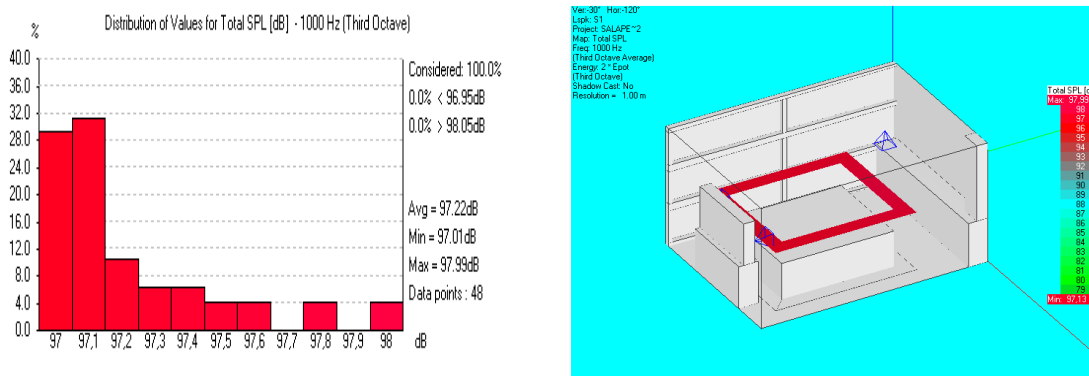


Figura 3.32 Sonido total de la sala de Reuniones.

La suma de la energía directa y la reverberante (en db) tiene valores altos, debido a que los altavoces están muy cerca del área de audiencia, aunque no tan altos como en la Sala anterior. Cuando se utilicen no deberán utilizarse a su máxima potencia, sería molesto para el oído.

4. LSPK Overlap:

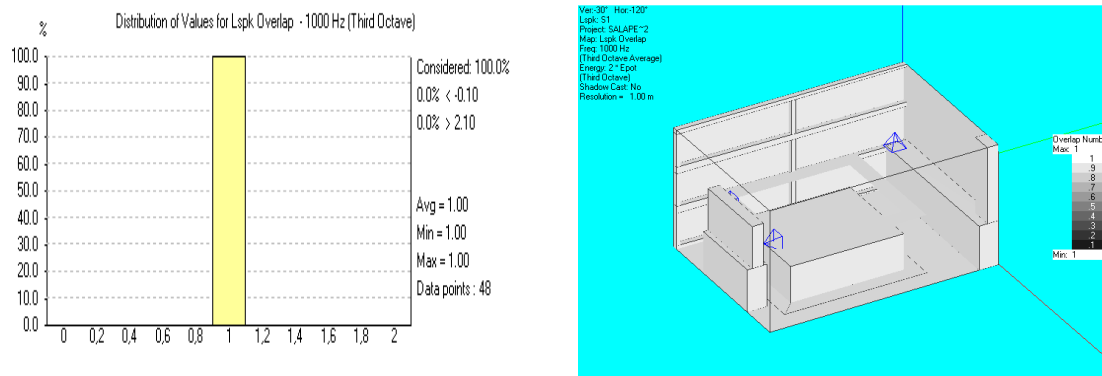


Figura 3.33 LSPK Overlap de la sala de Reuniones.

Vemos como el LSPK Overlap vale 1, ya que solamente se tiene un único altavoz, por lo que este parámetro no nos aporta nada, solamente hay un altavoz por lo que no hay aumento del sonido total por el solapamiento, a pesar de ser el tiempo de llegada menor a 50 ms.

5. Distancia Crítica:

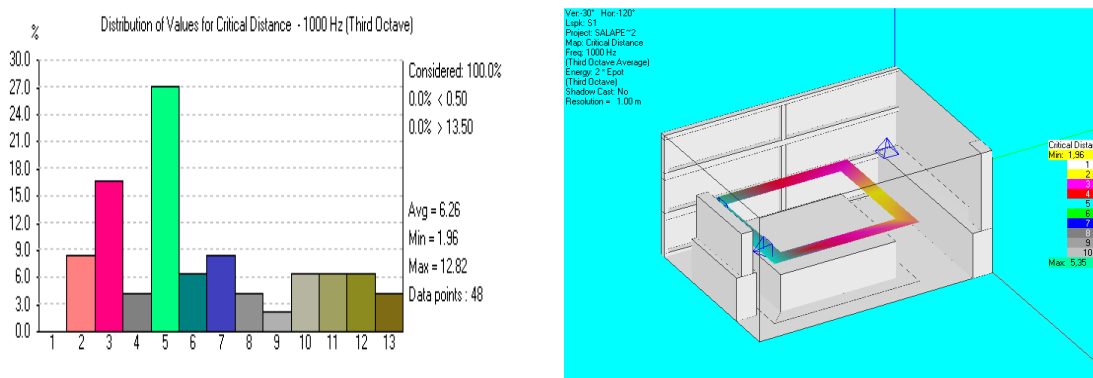


Figura 3.34 Distancia Crítica de la sala de Reuniones.

La distancia crítica toma en el área de audiencia (la parte a estudiar) valores entre 3 y 6. Esto indica que en los puntos donde la distancia crítica mayor s 1, el sonido reverberante en ese punto es mayor al sonido directo proveniente de los altavoces. Resultado esperado, ya que se trata de una sala muy reverberante.

6. Relación D/R:

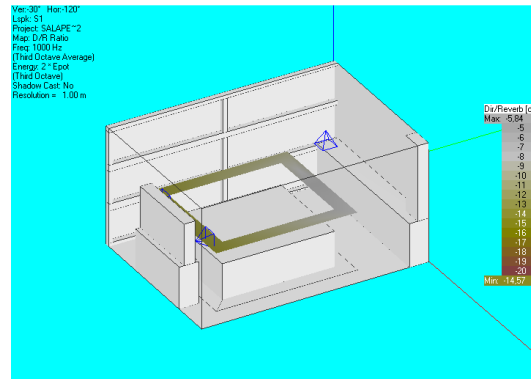
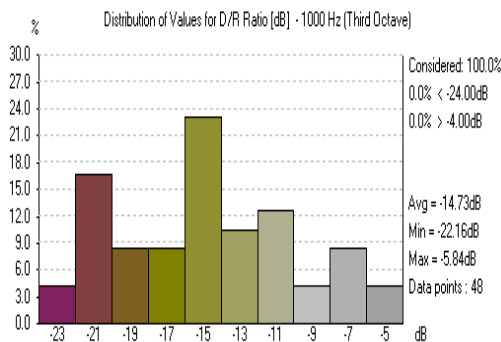


Figura 3.35 Relación D/R de la sala de Reuniones.

Indica el ratio entre el sonido directo y el reverberante en términos de dB. Todos los valores son negativos, lo que nos indica que el sonido reverberado es mayor que el directo y con los valores del TR.

7. Tiempo de llegada:

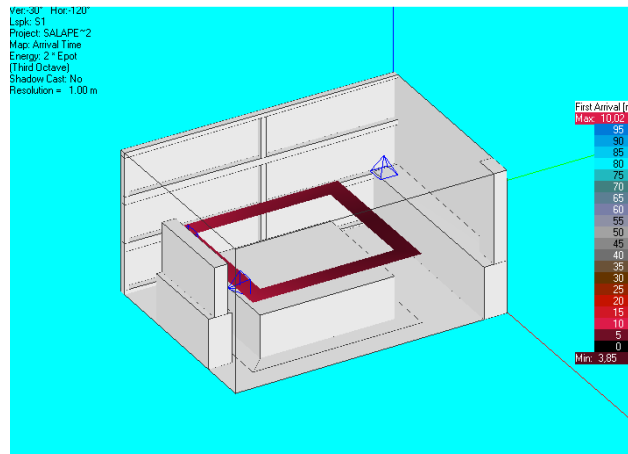
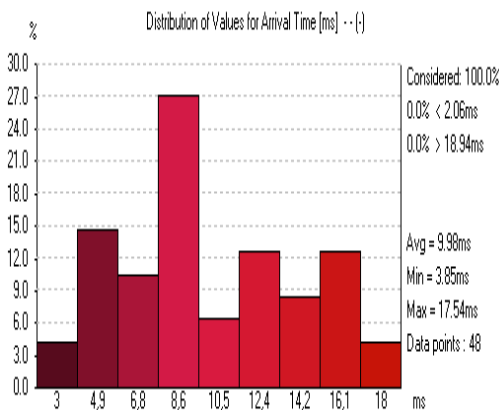


Figura 3.36 Tiempo de llegada de la sala de Reuniones.

El tiempo de llegada oscila entre 3 y 16 ms en la zona de audiencia.

8. Claridad:

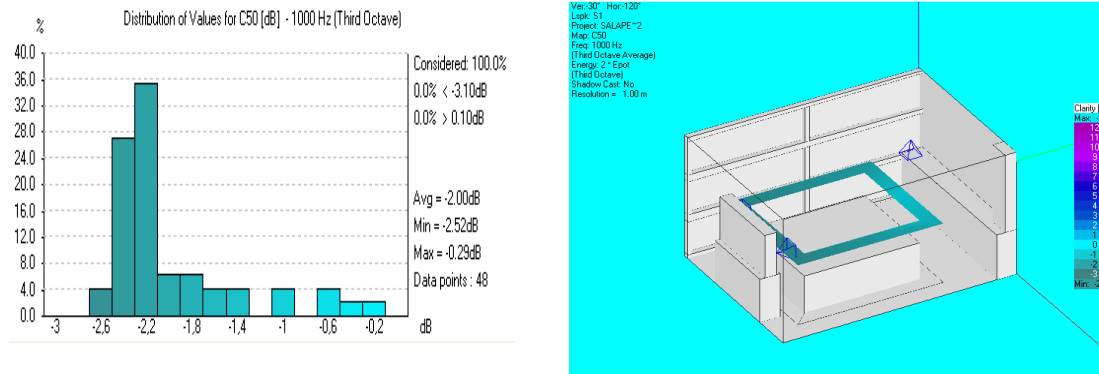


Figura 3.37 Claridad de la sala de Reuniones.

La claridad de la sala original tiene valores entre -2 y 0.2 dB. Estos valores de la claridad no son considerados buenos ya que al tener un tiempo de reverberación superior al deseado los valores de la claridad deberían ser superiores siempre a 5dB, condición que no se cumple.

9. Al Cons:

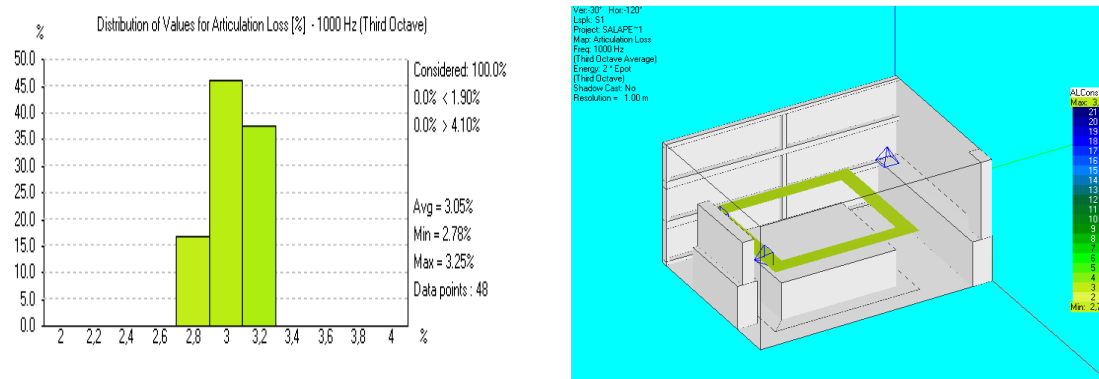


Figura 3.38 ALCons de la sala de Reuniones.

Con la propuesta de mejora se ha conseguido bajar un poco los valores del Al Cons. El Al cons de la sala ahora varía entre 2,8 y 3,2. Habiéndose conseguido así que la inteligibilidad de la palabra en la sala sea un mucho mejor, llegando a excelente, ya que para valores igual o menores a 3 se considera excelente la inteligibilidad de la palabra.

Se ha conseguido que la sala pase de pobre a excelente según los valores del ALCons.

10. RASTI:

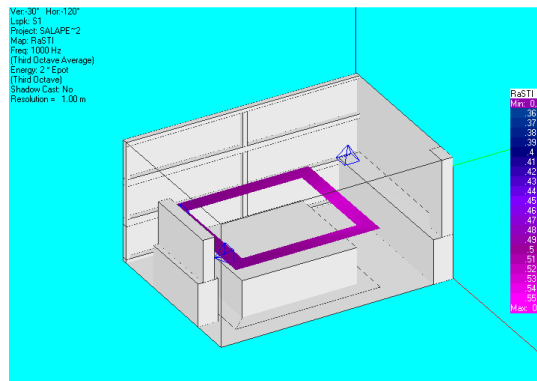
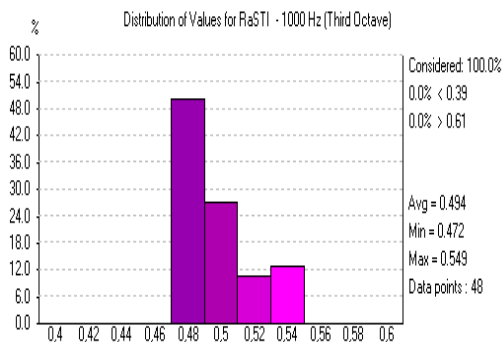


Figura 3.39 RASTI de la sala de Reuniones.

Los valores del RASTI antes de la propuesta de mejora van desde 0.48 hasta 0.54. Lo que nos indica que la inteligibilidad de la palabra de la sala según el RASTI es aceptable. Pero como ha sido comentado anteriormente para una sala con el uso que tiene es preferible valores de RASTI superiores, por lo que en la propuesta de mejora deberemos hacer que el RASTI aumente.

11. Calidez:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KHz})) = 0,77$$

12. Brillo:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KHz})) = 0,96$$

Ambos parámetros son más importantes para la música, pero los indicamos por si algún día se desea utilizar la sala con fines musicales, para conocerlos de antemano.



3.2.4-Valoración

Tras el estudio realizado de los parámetros acústicos de las salas originales (1.Sala de Conferencia Granda, 2.Sala de Videoconferencia y 3.Sala de reuniones) simulados en EASE podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. La sala de Conferencia grande es la mejor de las tres (o la menos mala). Era algo esperado por los materiales de la sala, ya que no hay elementos tan poco absorbentes como en las otras dos salas. En esta sala la propuesta de mejora acústica no será tan grande como en las otras dos, pero se querrá y deberá conseguir que la sala mejorada sea muy buena para la palabra.
2. Las otras dos salas son muy malas para la palabra. El sonido reverberado es muy grande y con ello el tiempo de reverberación también lo es. Son resultados esperados, ya que era la principal queja de la empresa ZABALA, “*en reuniones no podemos hablar dos personas a la vez....*” Nos comentaban.... Por lo que en estas dos salas la propuesta de mejora deberá ser eficaz ya que debemos conseguir que tras la reforma las salas sean muy buenas para la palabra.

Se realizará la propuesta de mejora teniendo en cuenta estos resultados y con el objetivo de que las tres salas acaben siendo muy buenas para la palabra.



CAPITULO IV:

**PROPUESTA DE MEJORA
ACÚSTICA**



4.1-PROPUESTA DE MEJORA ACÚSTICA SIMULADA EN EASE 4.1

Ha sido realizada la siguiente propuesta de mejora con la intención de mejorar las salas para su uso, la palabra. En el siguiente punto, *3.3-Clasificación de las Salas según sus parámetros* se verán los resultados que nos ha dado esta propuesta de mejora que a continuación se van a detallar y explicar. Se verá cómo los resultados obtenidos son los deseados.

Para llevar a cabo esta propuesta de mejora han sido tenido en cuenta las deficiencias acústicas de las salas para el uso que tienen y la estética de las mismas. Ya que se trata de un edificio de nueva construcción, con solo año y medio de antigüedad y con una estética muy marcada, la cual no se puede romper con las mejoras acústicas que introducidas en este proyecto.

Los elementos utilizados en la mejora acústica son los siguientes:

1. Techo formado por *paneles acústicos Brisa*
2. Panel Resonador TR-R9
3. Panel Acústico AcustiForo TP 210 y 50mm
4. Sillas de Cuero
5. Cortina Acústica

A continuación se explicarán todos los elementos, mostrando sus características. Y en el siguiente punto indicaremos como hemos colocado los elementos en las Salas.

4.1.1-Elementos utilizados en la mejora acústica y sus características

4.1.1.1. Panel Acústico Brisa:



Figura 4.1 Ejemplo Panel Acústico Brisa instalado en un techo

a) Descripción:

Panel acústico decorativo absorbente y difusor acústico compuesto en su totalidad de fibra de poliéster.

Su geometría les dota de una alta absorción acústica, apta para cubrir todas las necesidades. La excelente estética del Brisa lo convierte en un producto muy versátil, atractivo y de fácil instalación.

b) Aplicaciones:

En techos con perfilera vista se obtienen resultados de alta absorción a nivel acústico.

c) Características Acústicas:

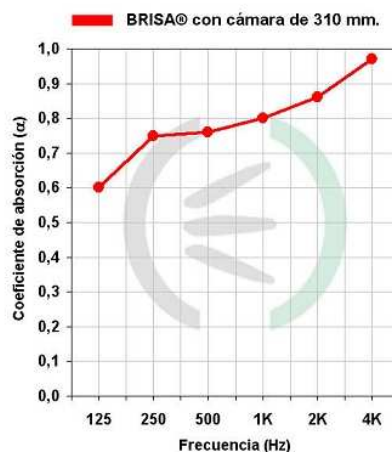


Figura 4.2 Características Acústicas del panel acústico brisa



4.1.1.2. Panel Resonador TR-R9

a) Descripción:

Los resonadores de Acústica Integral son elementos autoportantes para instalación en todo tipo de salas.

Su misión es la de eliminar las reflexiones indeseables que se producen cuando el sonido incide directamente sobre las superficies de la sala, sin disminuir el tiempo de reverberación.

El sonido reflejado se vuelve difuso aportando una sensación sonora tridimensional y creando así una acústica más real y agradable. Los elementos difusores trabajan en un margen amplio de frecuencias aportando en algunos de ellos, absorción adicional en medias frecuencias para los modelos TR-QA, en altas frecuencias para los modelos TR-A y únicamente trabajando como resonador puro de bajas frecuencias los modelos TR-R9. El modelo TR-Q trabaja solo como difusor puro

Ha sido elegido en color wengue, un color que no romperá la estética de las salas. Incluso quedará como un elemento decorativo.

b) Aplicaciones

Todo tipo de locales o salas donde se necesite confort acústico al detalle: Estudios de grabación y doblaje, emisoras de radio, home cinema, etc.

c) Características Acústicas:

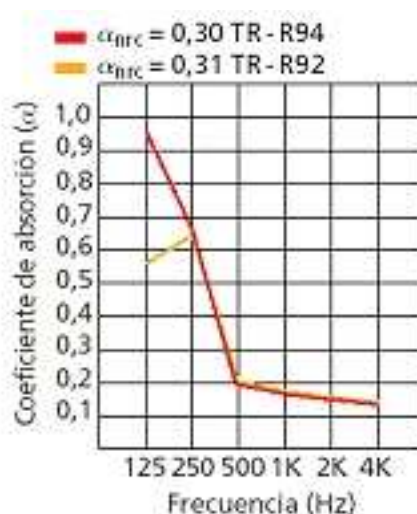


Figura 4.3 Características Acústicas del panel resonador TR-R9

4.1.1.3. Panel acústico AcustiForo TP 210 y 50 mm



Figura 4.4 Ejemplo de instalación del Panel acústico AcustiForo

a) Descripción:

Panel absorbente de revestimiento decorativo para techos y paredes. Se consiguen buenos coeficientes de absorción instalando Acustifiber F40 en la cámara de aire interior. Las cámaras de los dos paneles seleccionados son de 210mm y de 50mm.

También se ha elegido en color wengue, para que no rompa con la estética del edificio

b) Aplicaciones:

Ideal para paredes y techos. Quedando como un elemento decorativo con grandes coeficientes de absorción.

c) Características Acústicas:

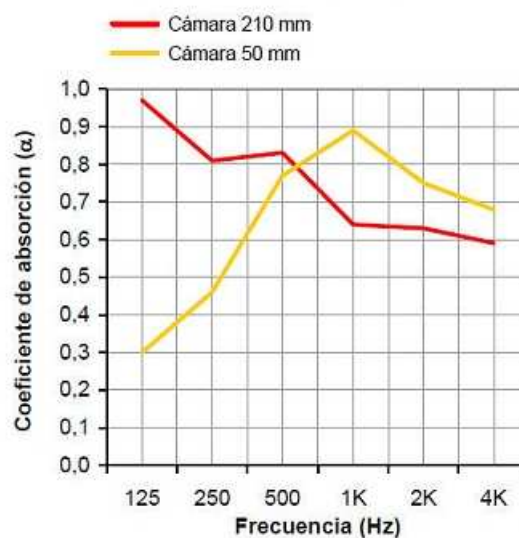


Figura 4.5 Características Acústicas del Panel acústico AcustiForo de 50 y 210mm

4.1.1.4. Sillas de Cuero:



Figura 4.6 Ejemplo del modelo de silla de cuero elegido

a) Descripción:

Sillón giratorio, respaldo medio. -Base y brazos cromados, elevación a gas, ruedas - rodadura blanda. -Tapizado en similpiel negra. -Disponemos del mismo modelo de sillón en similpiel blanca. -Sillones fijos a juego. -Sobre pedido podemos suministrar en otros colores. DIMENSIONES: Ancho: 58 cms Fondo: 50 cms Altura: 85 ~ 93 cms

b) Características Acústicas

ABSORCIÓN ACÚSTICA (EN BANDAS DE OCTAVAS) Hz					
125	250	500	1K	2K	4K
0.44	0.54	0.6	0.62	0.58	0.5

4.1.1.5 Cortina Acústica:

a) Descripción:

Ha sido elegida el modelo Biosilence Nocte, Cortina para el control de las bajas frecuencias con propiedades higiénicas y antisépticas e ignífugas permanentes durante la vida útil de la cortina.

Se ha elegido en color verde azulado oscuro, para seguir con las estética de la Sala de Conferencia Grande, en la que lo instalamos.

b) Características Acústicas:

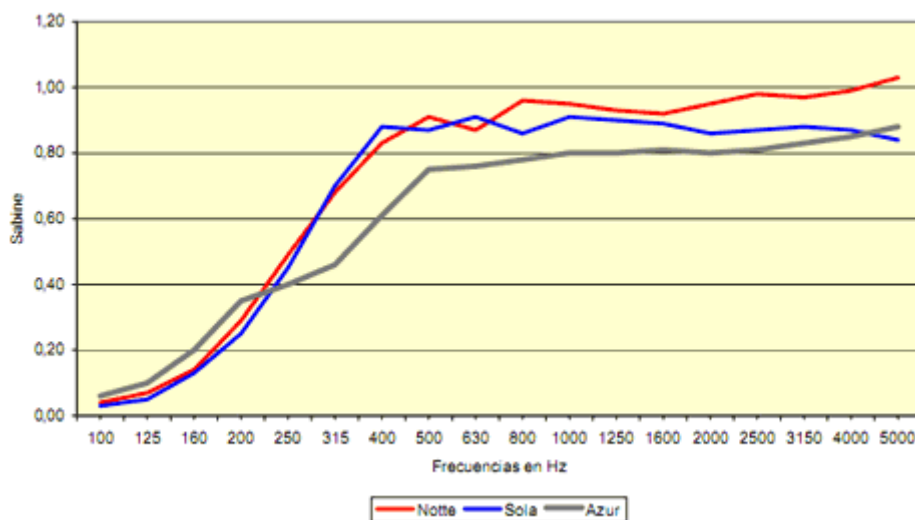


Figura 4.7 Características Acústicas de la Cortina

4.1.1.6 Empresas de donde han sido seleccionados los elementos:

1. Techo formado por paneles acústicos Brisa, *Acústica Integral*
2. Panel Resonador TR-R9, *Acústica Integral*
3. Panel AcústicoAcustiForo TP 210 y 50mm, *Acústica Integral*
4. Sillas de Cuero, *Sillería Oficina.com*
5. Cortina Acústica, *Morpa Acondicionamiento Acústico S.L.*

4.2- COLOCACIÓN DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS

4.2.1 Sala de Conferencia Grande:

En esta sala han sido utilizados los siguientes elementos:

1. *Techo formado por paneles acústicos Brisa:* se sustituirá todo el techo completo por el nuevo formado por los paneles acústicos brisa, dejando las lámparas y los altavoces en su misma posición.
2. *Panel Resonador TR-R9:* se coloca en la pared principal, a la que enfocan las sillas. Será colocado ocupando todo el ancho de la pared aunque con una altura de 80 cm. Recuadro naranja de la imagen.

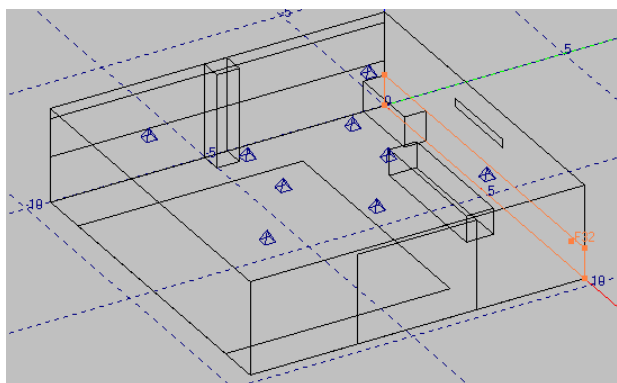


Figura 4.8 Panel Resonador TR.R9 en Sala de conferencia grande.

3. *Panel Acústico AcustiForo TP 210mm:* Colocado el panel AcustiForo TP de 210mm en la pared de la ventana, por debajo de ella. Además se piensa que quedará muy bien ya que es un color wengue, que entra en el estilo de la sala. Recuadro naranja de la imagen.

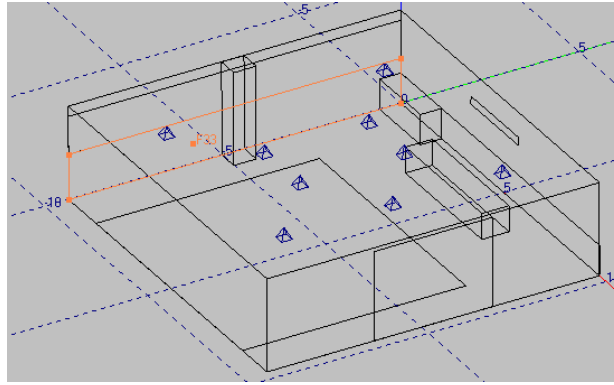


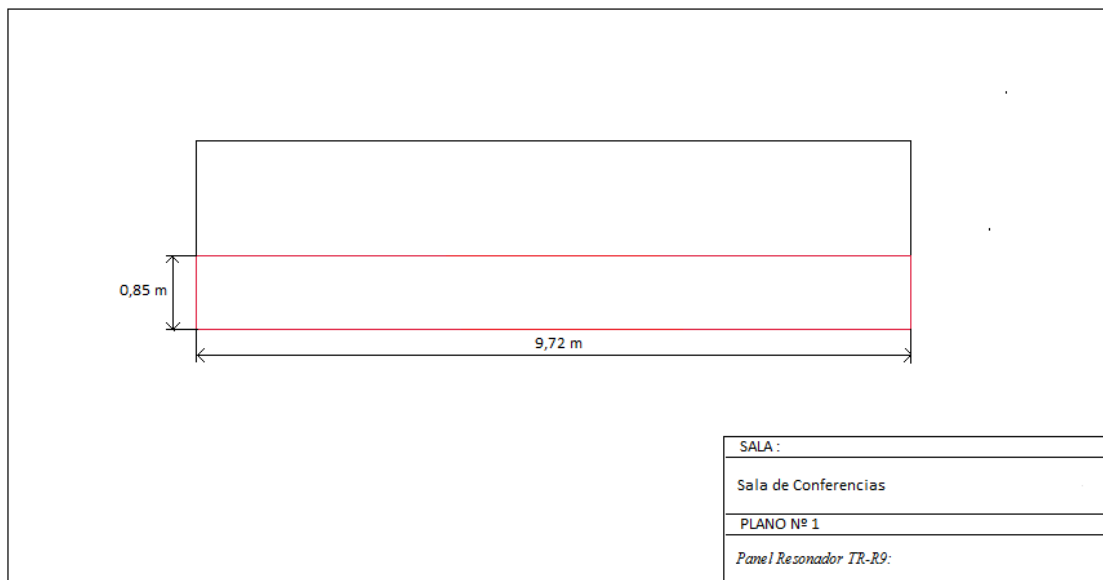
Figura 4.9 Panel Acústico AcustiForo TP 210mm en Sala de Conferencia Grande

4. *Cortina Acústica:* será colocada la cortina en la pared trasera.

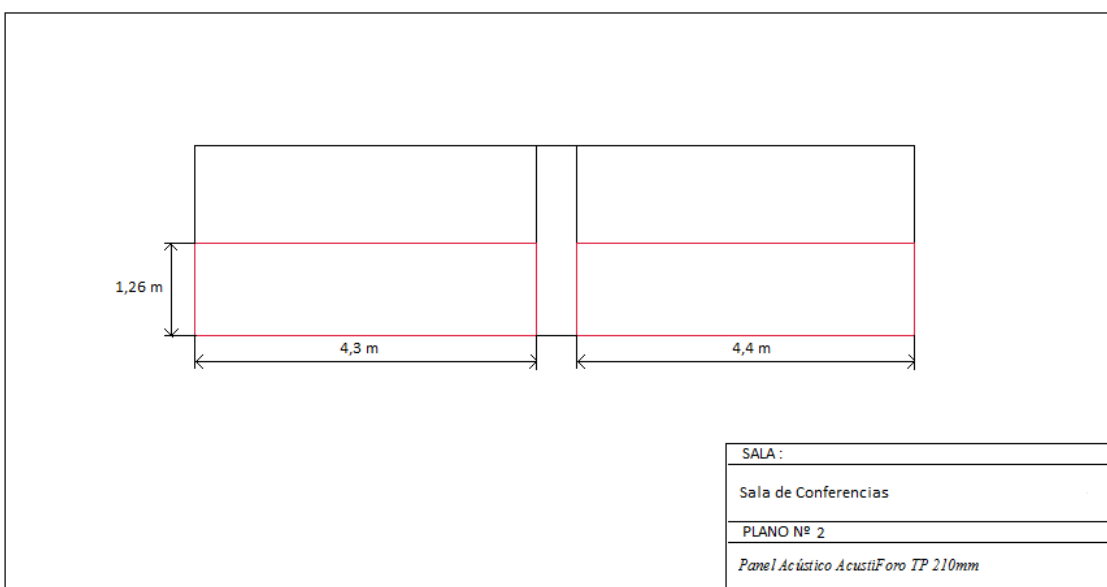


Planos Sala de Conferencia Grande

Panel Resonador TR-R9:



Panel Acústico AcustiForo TP 210mm:



4.2.2 Sala de Videoconferencias:

En esta sala se han utilizado los siguientes elementos:

1. *Techo formado por paneles acústicos Brisa:* se sustituirá todo el techo completo por el nuevo formado por los paneles acústicos brisa, dejando las lámparas y el altavoz en su misma posición.
2. *Panel Resonador TR-R9:* colocado en la pared principal, en la que está la televisión. Se colocará ocupando todo el ancho de la pared aunque con una altura de 80 cm.

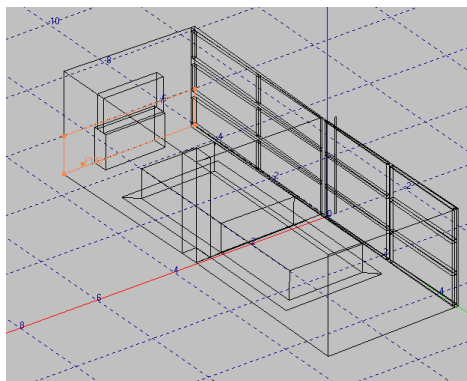


Figura 4.10 Panel Resonador TR.R9 en Sala de videoconferencia.

3. *Panel Acústico AcustiForo TP 50mm:* Se colocará el panel AcustiForo TP de 50mm en la pared principal por encima del resonador. Se piensa que quedará muy bien, como un elemento decorativo, ya que es un color wengue, que entra en el estilo de la sala y tiene una forma que parece un elemento de la decoración.

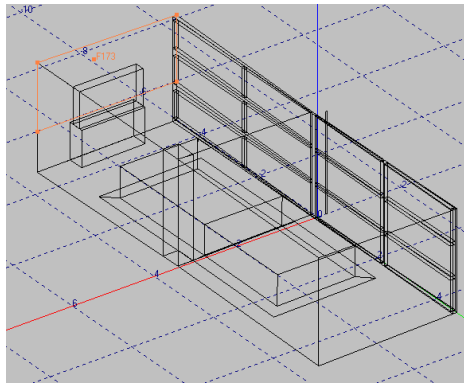
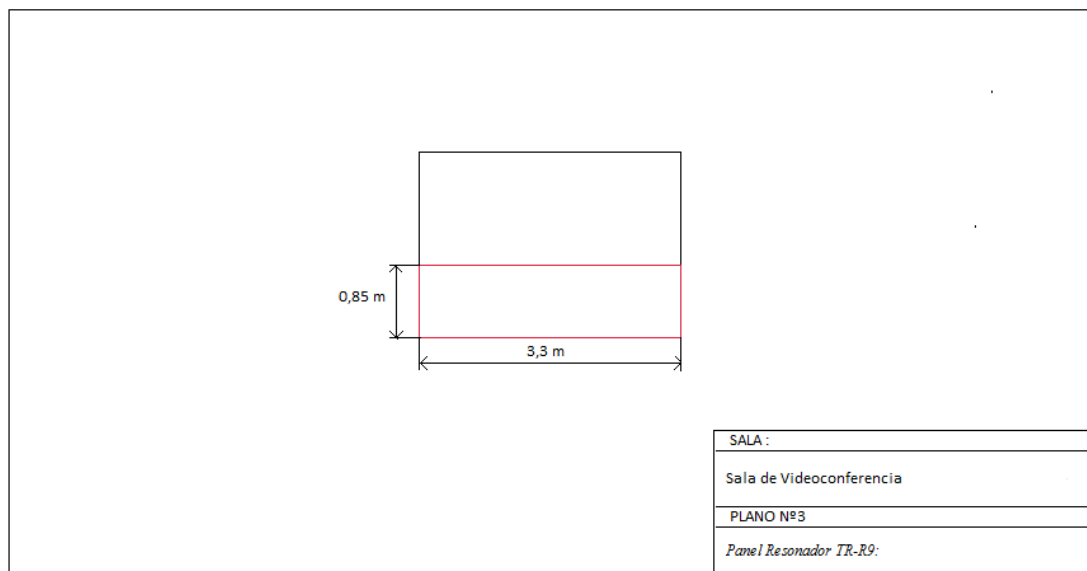


Figura 4.11 Panel Acústico AcustiForo TP 50mm en Sala de Videoconferencia

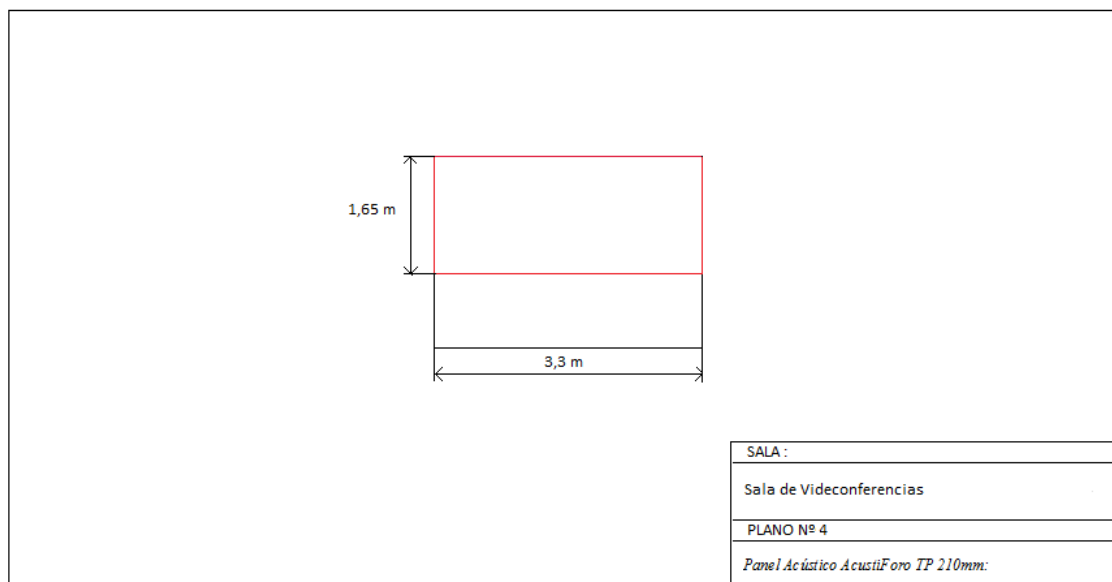


Planos Sala de Videoconferencias

Panel Resonador TR-R9:



Panel Acústico AcustiForo TP 210mm:



4.2.3 Sala de Reuniones:

En esta sala hemos utilizado los siguientes elementos:

1. *Techo formado por paneles acústicos Brisa:* se sustituirá todo el techo completo por el nuevo formado por los paneles acústicos brisa, dejando las lámparas y el altavoz en su misma posición.
2. *Panel Resonador TR-R9:* colocado en la pared principal, en la que está la televisión. Se colocará ocupando todo el ancho de la pared aunque con una altura de 80 cm.

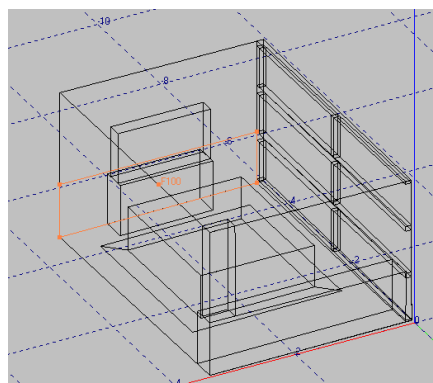


Figura 4.12 Panel Resonador TR.R9 en Sala de reuniones.

3. *Panel Acústico AcustiForo TP 50mm:* Se colocará el panel AcustiForo TP de 50mm en la pared principal por encima del resonador. Se piensa que quedará muy bien, como un elemento decorativo, ya que es un color wengue, que entra en el estilo de la sala y tiene una forma que parece un elemento de la decoración.

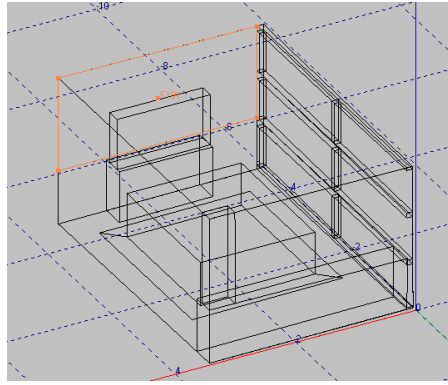
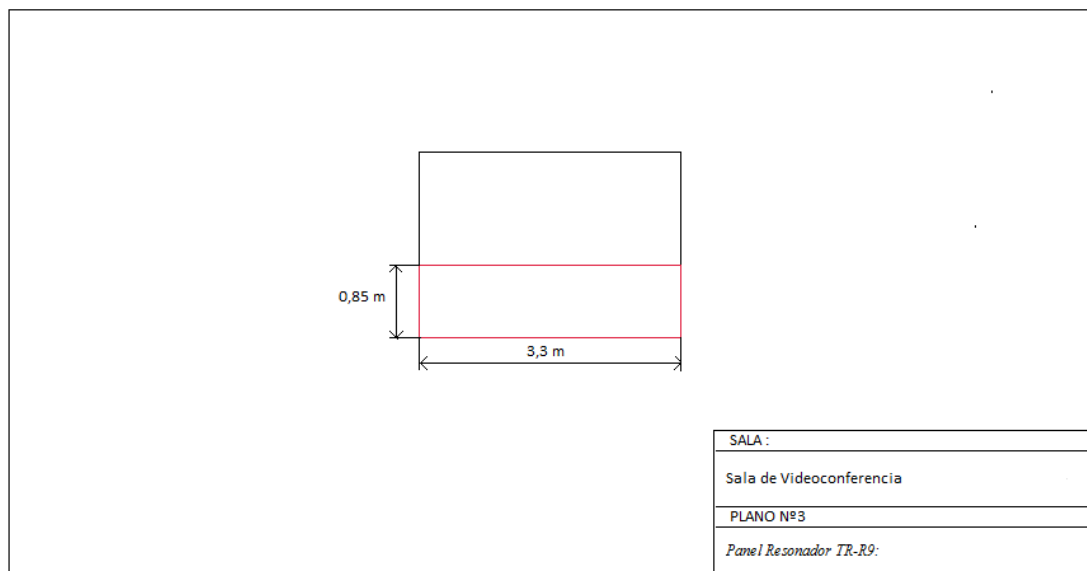


Figura 4.13 Panel Acústico AcustiForo TP 50mm en Sala de reuniones

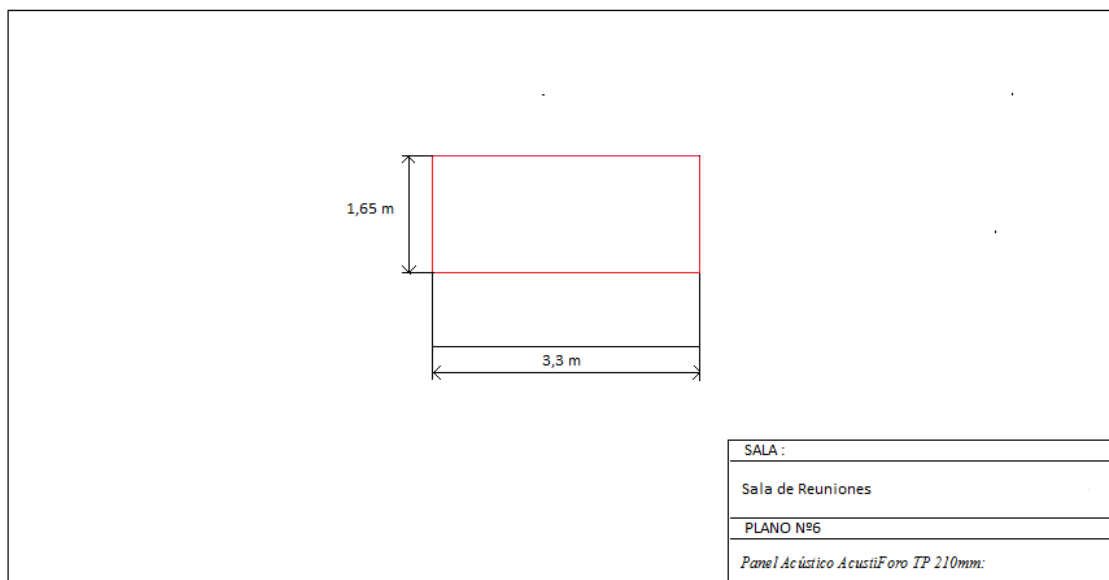


Planos Sala de Reuniones

Panel Resonador TR-R9:



Panel Acústico AcustiForo TP 210mm:





CAPITULO V:

**COMPARACIÓN DE LAS SALAS
ORIGINALES CON LAS
MEJORADAS**



5.1- INTRODUCCIÓN

En este apartado se van a clasificar las salas en muy malas, malas, normales, buenas o muy buenas según sus parámetros acústicos simulados en EASE.

Se van a clasificar tanto las salas originales, como las salas mejoradas, para poder ver y evaluar si la propuesta de mejora ha sido útil y hemos conseguido los objetivos que deseábamos.

Los parámetros acústicos que nos indican como de buena es una sala según su utilidad son:

1-Tiempo de reverberación

2-LSPK Overlap

3-AI Cons

4-RASTI

5-Claridad

6-Relación D/R

7-Calidez

8-Brillo

Todos estos parámetros han sido previamente explicados y han sido indicados sus valores óptimos en el apartado “2.3-Parámetros Acústicos”.



5.2-SALA DE CONFERENCIA GRANDE

1-Tiempo de Reverberación:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

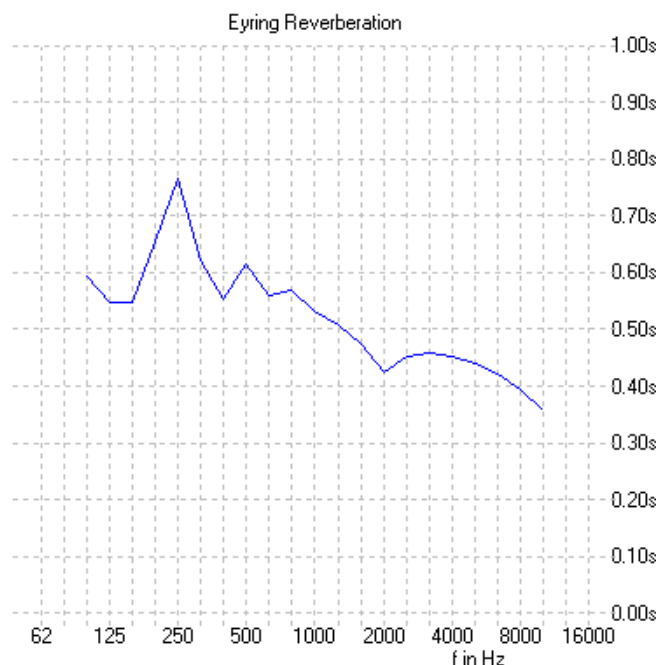


Figura 5.1 Gráfica del TR antes de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Band	RTime [s]
100 Hz	0,59
125 Hz	0,55
160 Hz	0,55
200 Hz	0,65
250 Hz	0,77
315 Hz	0,62
400 Hz	0,56
500 Hz	0,61
630 Hz	0,56
800 Hz	0,57
1000 Hz	0,53
1250 Hz	0,51
1600 Hz	0,47
2000 Hz	0,43
2500 Hz	0,45
3150 Hz	0,46
4000 Hz	0,45
5000 Hz	0,44
6300 Hz	0,42
8000 Hz	0,39
10000 Hz	0,36

Como se puede ver los valores del tiempo de reverberación están dentro de los valores deseados (entre 0,2 y 0,4) y no son nada lineales, ya que como vemos tienen un pico a bajas frecuencias, algo indeseado. Con la propuesta de mejora se debemejorar el tiempo de reverberación ya que se trata del parámetro más importante.

Figura 5.2 Valores del TR antes de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.



DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

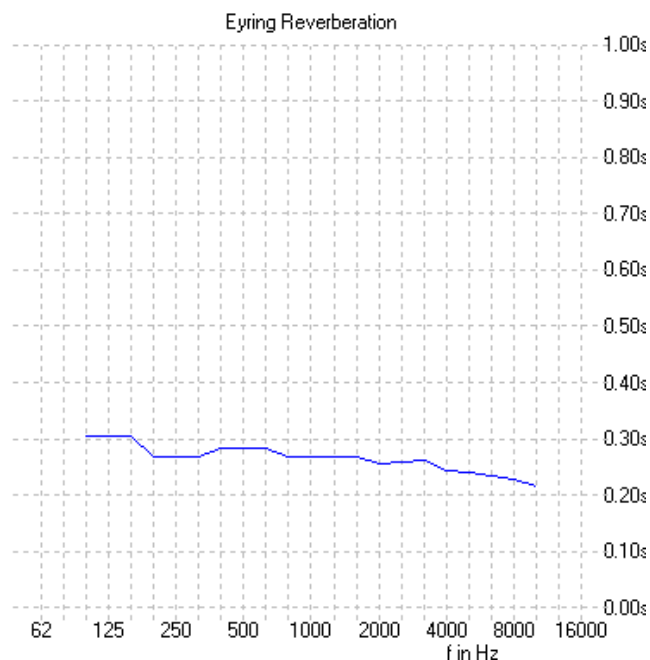


Figura 5.3 Gráfica del TR tras la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Band	RTime [s]
100 Hz	0,31
125 Hz	0,31
160 Hz	0,31
200 Hz	0,27
250 Hz	0,27
315 Hz	0,27
400 Hz	0,28
500 Hz	0,28
630 Hz	0,28
800 Hz	0,27
1000 Hz	0,27
1250 Hz	0,27
1600 Hz	0,27
2000 Hz	0,26
2500 Hz	0,26
3150 Hz	0,26
4000 Hz	0,24
5000 Hz	0,24
6300 Hz	0,24
8000 Hz	0,23
10000 Hz	0,22

Tras la propuesta de mejora los valores obtenidos en el tiempo de reverberación oscilan entre 0,31 y 0,22. Son valores mejores que los indicados (entre 0,7 y 1), ya que cuanto menos sea el TR es mejor. Si luego se desea aumentar la rever, con cualquier equipo solamente hay que aumentar un pontenciómetro. También se observa como los valores siguen una linealidad, sin picos.

Figura 5.4 Valores del TR tras la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

La propuesta de mejora acústica ha mejorado el tiempo de la sala, introduciéndolo entre los valores óptimos del tiempo de reverberación para una sala que tiene el fin de realizar conferencias, reuniones, etc...

Se puede decir que según el tiempo de reverberación la sala tras la propuesta de mejora pasa de no aceptable a aceptable.

2-LSPK Overlap:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

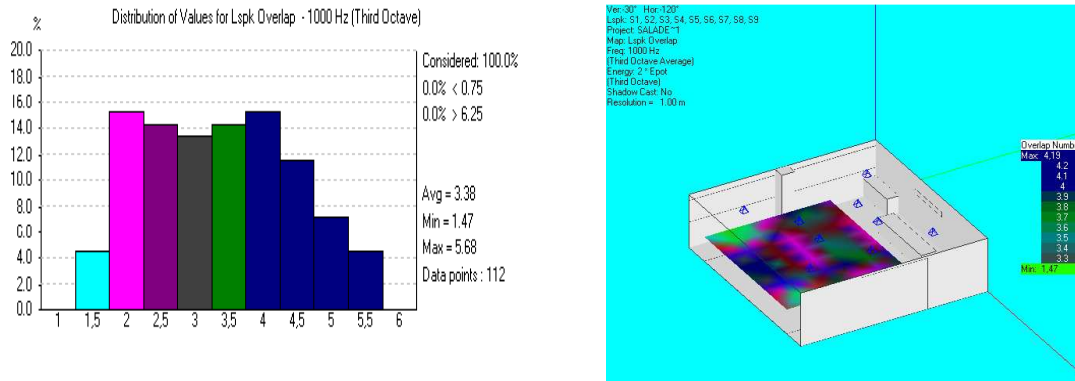


Figura 5.6 LSPK Overlap antes de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

El LSPK Overlap tiene valores entre 1,5 y 5. Son valores elevados ya que tenemos muchos altavoces en poco espacio. Hay excesiva interferencia entre altavoces.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

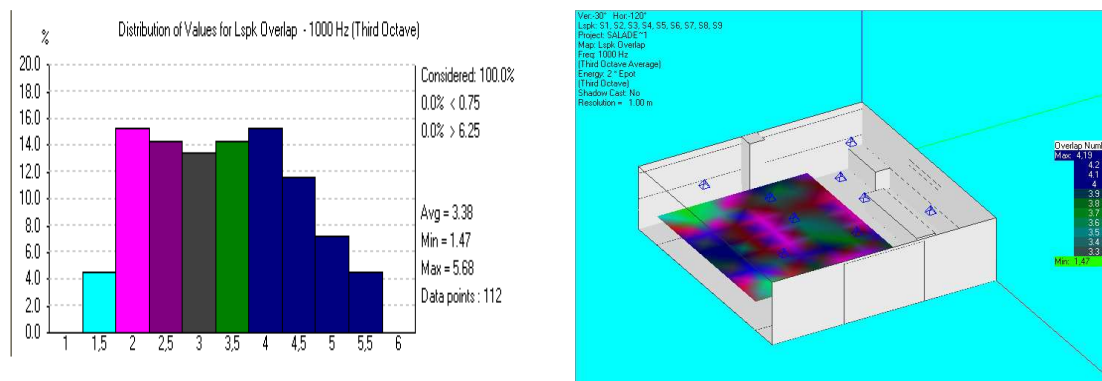


Figura 5.7 LSPK Overlap después de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

El solapamiento (Lspk Overlap) es simplemente un factor indicativo. El solapamiento para tiempos de llegada menores a 50ms, solamente aumenta el volumen de la sala, como se ha visto en el apartado 3.2-*Estudio de Salas originales*. El tiempo de llegada está entre 4 y 32ms, por lo que el solapamiento solamente nos amentará el sonido total de la sala.

3-AL Cons:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

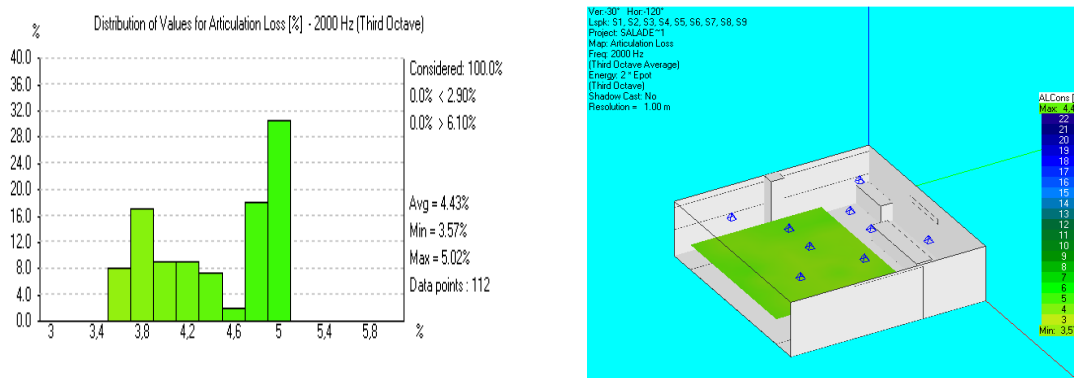


Figura 5.8 AICons antes de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Los valores de el AI Cons están entre 3,5 y 5. Estos valores indican que la inteligibilidad de la palabra en esta sala es muy buena.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

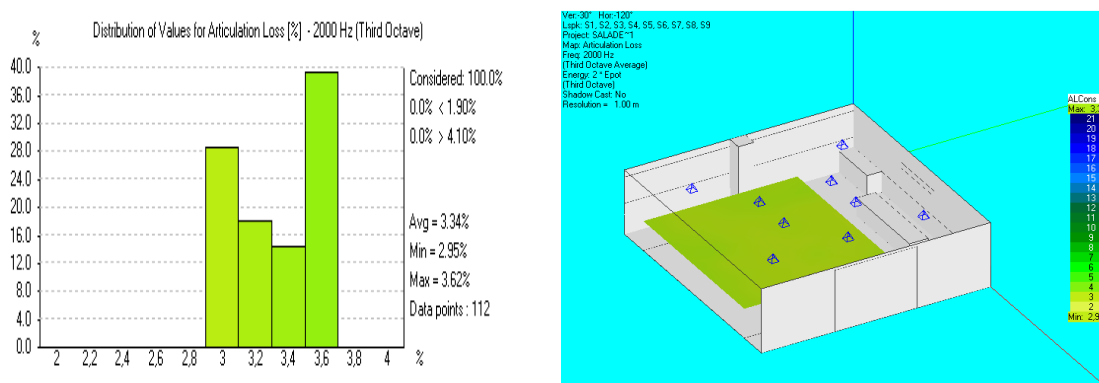


Figura 5.9 AICons tras la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Con la propuesta de mejora se ha conseguido bajar un poco los valores del AI Cons. El AI cons de la sala ahora varía entre 3 y 3,5. Habiendo conseguido así que la inteligibilidad de la palabra en la sala sea un poco mejor, llegando prácticamente a excelente, ya que para valores igual o menores a 3 se considera excelente la inteligibilidad de la palabra.

Se ha conseguido que la sala pase de muy buena a casi excelente según los valores del AICons.

4-RASTI:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

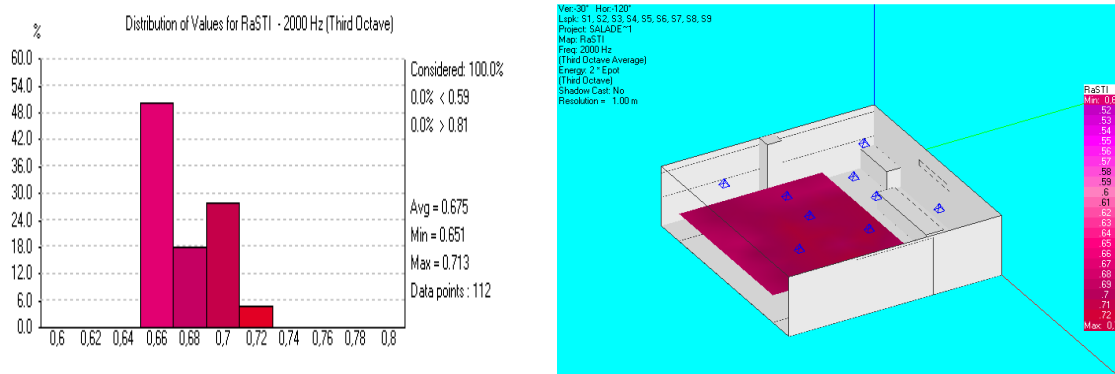


Figura 5. 10 RASTI antes de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Los valores del RASTI antes de la propuesta de mejora van desde 0.66 hasta 0.72. Lo que indica que la inteligibilidad de la palabra de la sala según el RASTI es buena.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

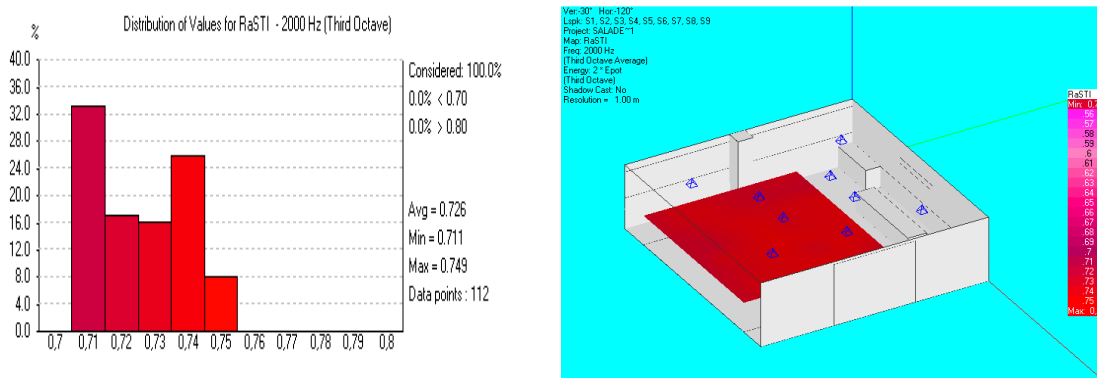


Figura 5.11 RASTI tras la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Tras la mejora se ve cómo aumentamos los valores del RASTI, teniendo ahora valores entre 0,71 y 0,75. Con la propuesta de mejora se ha mejorado los valores del RASTI, siendo ahora la inteligibilidad de la palabra muy buena o incluso excelente (a partir de 0.75).

La sala según el RASTI pasa de buena a excelente con la mejora propuesta en este proyecto acústico.

5-Claridad:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

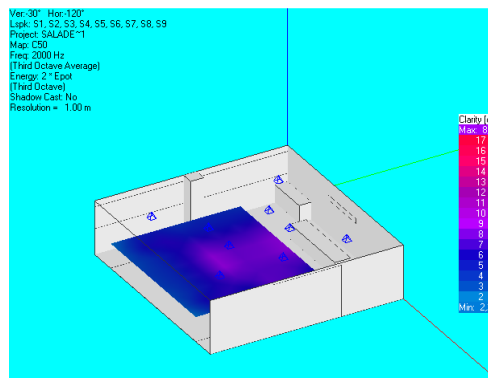
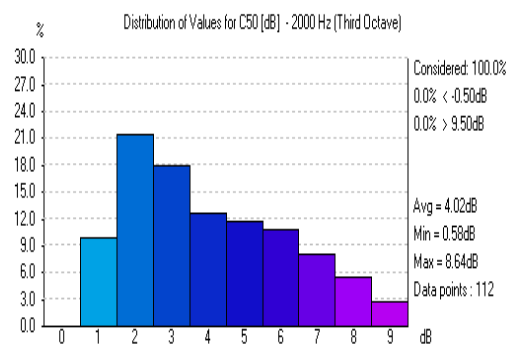


Figura 5.12 Claridad antes de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

La claridad de la sala original tiene valores entre 1 y 9 dB. Estos valores de la claridad no son considerados buenos ya que al tener un tiempo de reverberación superior al deseado los valores de la claridad deberían ser superiores siempre a 5dB, condición que no se cumple. La sala original según la claridad no es buena.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

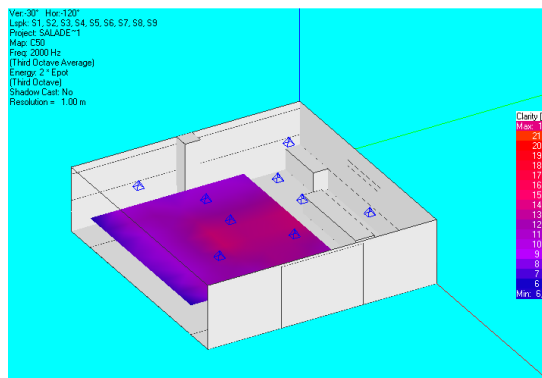
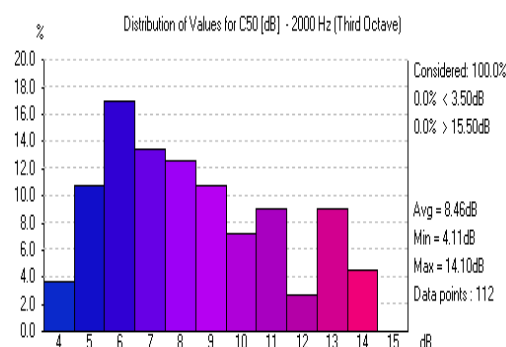


Figura 5.13 Claridad tras la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Con la mejora acústica se consiguen valores de la claridad entre 4 y 14 dB. En este caso sí que son buenos ya que nuestro tiempo de reverberación no es superior al deseado, por lo que para que la sala sea buena los valores deben ser superiores a 0dB.

Se ha conseguido mediante la mejora que la claridad de la sala pase de no buena a buena.

6-Ratio D-R:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

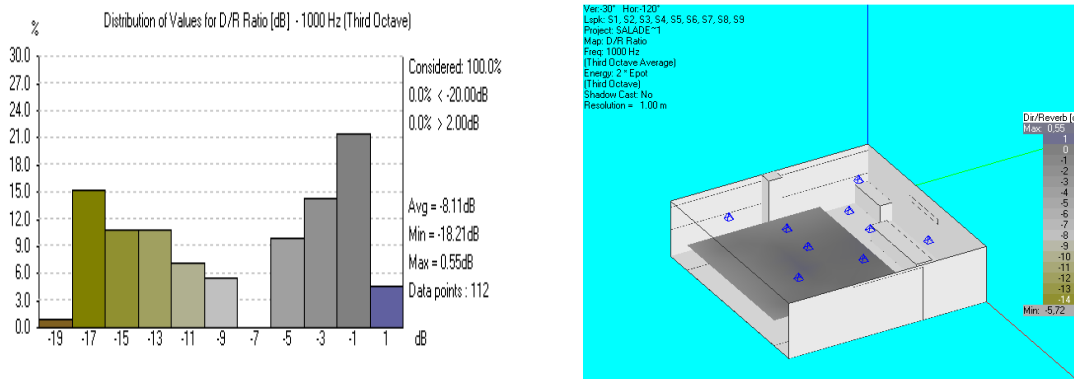


Figura 5.14 Ratio D/R antes de la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Indica el ratio entre el sonido directo y el reverberante en términos de dB. Todos los valores son negativos, lo que nos indica que el sonido reverberado es mayor que el directo.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

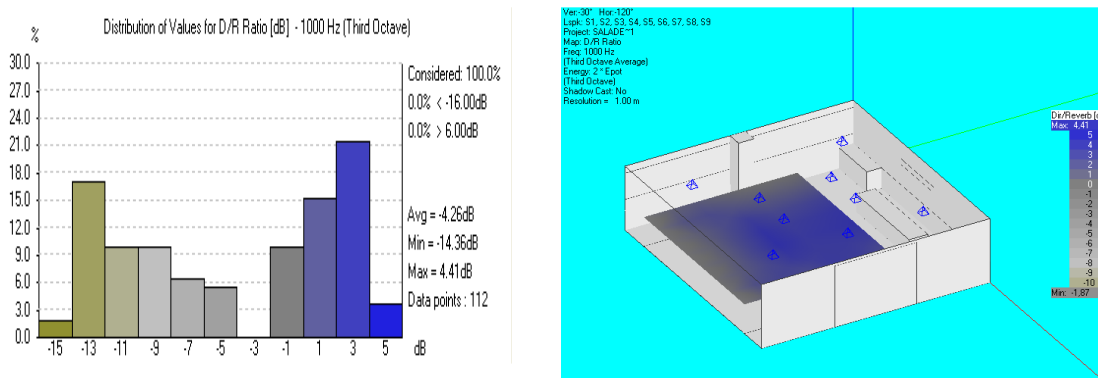


Figura 5.15 Ratio D/R tras la mejora acústica en la sala de conferencia grande.

Con la mejora acústica los valores en la zona de audiencia entre -1 (en los extremos) y 3,4,5 cerca del centro. Siendo así el sonido directo mayor al reverberado. Resultado correcto, ya que la sala no es muy reverberada, así que el sonido directo tiene que ser un poco mayor al reverberado.



7-Calidez:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 1,25$$

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 1.05$$

8-Brillo:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 1,13$$

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 0,91$$

Ambos parámetros son más importantes para la música, pero los se indican por si algún día se desea utilizar la sala con fines musicales, para conocerlos de antemano.



9-Clasificación de la sala de conferencia grande según los parámetros acústicos y la finalidad de la sala:

<i>Parámetro</i>	<i>Antes de la mejora</i>	<i>Después de la mejora</i>
<i>1-Tiempo de reverberación</i>	<i>Mala - 0,7 y 1 ms</i>	<i>Buena – 0,31 y 0,22 ms</i>
<i>2-LSPK Overlap</i>	<i>Normal - 1,5 y 5</i>	<i>Normal – 1,5 y 5</i>
<i>3-Al Cons</i>	<i>Muy buena – 3,5 y 5</i>	<i>Excelente - 3 y 3,5</i>
<i>4-RASTI</i>	<i>Buena – 0,66 y 0,72</i>	<i>Excelente - 0,71 y 0,75</i>
<i>5-Claridad</i>	<i>Mala - 1 y 9 dB</i>	<i>Buena - 4 y 14 dB</i>
<i>6-Ratio D-R</i>	<i>Correcta - -5 y -1</i>	<i>Correcta - -1 y 4</i>

Tabla 5.1 Clasificación de la sala de Conferencia.

Tras el estudio de los parámetros acústicos de la sala, y de la comparación de los parámetros más significativos que nos indican si una sala es buena, normal, mala... para la palabra antes y después de la propuesta de mejora acústica llevada a cabo, se puede llegar a la conclusión de que la propuesta de mejora realizada a sido buena, ya que la mayoría de parámetros la sala mejora.

Se ha de tener una sala que antes era entre aceptable y pobre para la palabra a tener una entre buena y muy buena. Por lo tanto el objetivo de la propuesta de mejora en esta sala ha sido cumplido.

Indicar que en esta sala se espera que la propuesta de mejora sea la menor, ya que inicialmente esta era con gran diferencia la mejor de las tres. Se verá en los resultados de las demás salas como las mejoras son todavía mayores.



5.3-SALA DE VIDEOCONFERENCIA

1-Tiempo de Reverberación:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

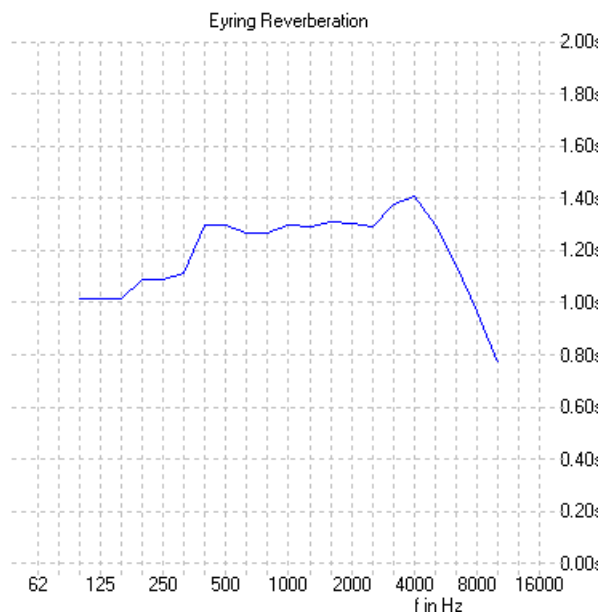


Figura 5.17 Gráfica del TR antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Band	RTime [s]
100 Hz	1,02
125 Hz	1,02
160 Hz	1,02
200 Hz	1,09
250 Hz	1,09
315 Hz	1,11
400 Hz	1,3
500 Hz	1,3
630 Hz	1,27
800 Hz	1,27
1000 Hz	1,3
1250 Hz	1,29
1600 Hz	1,31
2000 Hz	1,31
2500 Hz	1,29
3150 Hz	1,38
4000 Hz	1,41
5000 Hz	1,3
6300 Hz	1,14
8000 Hz	0,97
10000 Hz	0,77

Los valores del tiempo de reverberación son muy superiores a los deseados y no son muy lineales. A partir de la propuesta de mejora se debes mejorar el tiempo de reverberación ya que se trata del parámetro más importante. Son valores muy altos, es raro en salas tan pequeñas, por lo que nos indica que inicialmente estaba muy mal hecha. Esto es debido a paredes paralelas con tanto cristal.

Figura 5.18 Valores del TR antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.



DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

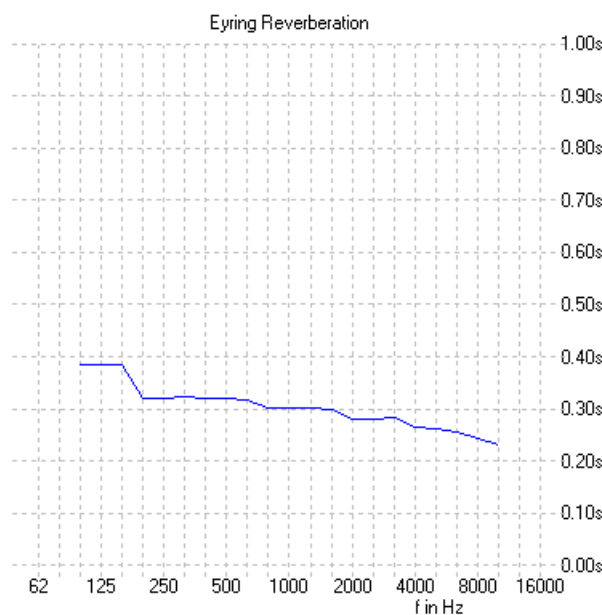


Figura 5.19 Gráfica del TR tras la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Band	RTime [s]
100 Hz	0,38
125 Hz	0,38
160 Hz	0,38
200 Hz	0,32
250 Hz	0,32
315 Hz	0,32
400 Hz	0,32
500 Hz	0,32
630 Hz	0,32
800 Hz	0,3
1000 Hz	0,3
1250 Hz	0,3
1600 Hz	0,3
2000 Hz	0,28
2500 Hz	0,28
3150 Hz	0,28
4000 Hz	0,27
5000 Hz	0,26
6300 Hz	0,25
8000 Hz	0,25
10000 Hz	0,23

Tras la propuesta de mejora los valores obtenidos en el tiempo de reverberación oscilan entre 0,38 y 0,23. Se encuentran entre los valores óptimos (ya que aunque las tablas indiquen los valores óptimos entre 0.7 y 1, cualquier valor menor a estos es mucho mejor, como antes se ha indicado) para una sala en la que se van a realizar conferencias.

También se puede observar como los valores siguen una linealidad, a frecuencias bajas se sube un poco, pero al estar dentro de los valores deseados y al ser una subida pequeña no se tendrá en cuenta.

Figura 5.20 Valores del TR tras la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

La propuesta de mejora acústica ha mejorado el tiempo de la sala, introduciéndolo entre los valores óptimos del tiempo de reverberación para una sala que tiene el fin de realizar conferencias, reuniones, etc...

Se puede decir que según el tiempo de reverberación la sala tras la propuesta de mejora pasa de malo a muy bueno.

2-LSPK Overlap:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

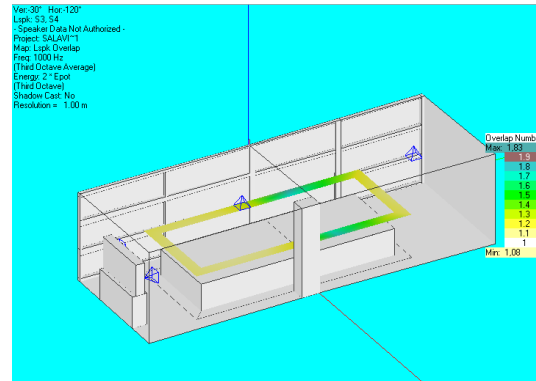
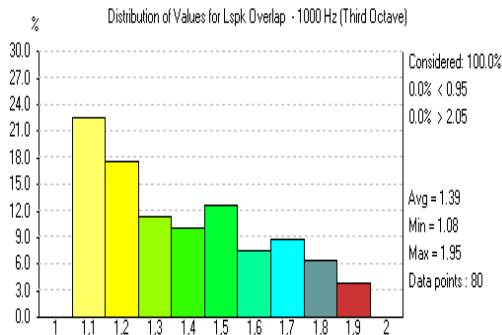


Figura 5.21 LSPK Overlap antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

El LSPK Overlap tiene valores entre 1 y 2. Son Aunque principalmente en la zona de audiencia los valores oscilan entre 1 y 1,5. Por otro lado teniendo en cuenta el tiempo de llegada (apartado 3.2-*Estudio de las salas originales*), está entre 4 y 10 ms, el Lspk Overlap dará un mayor sonido total, por lo que es correcto.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

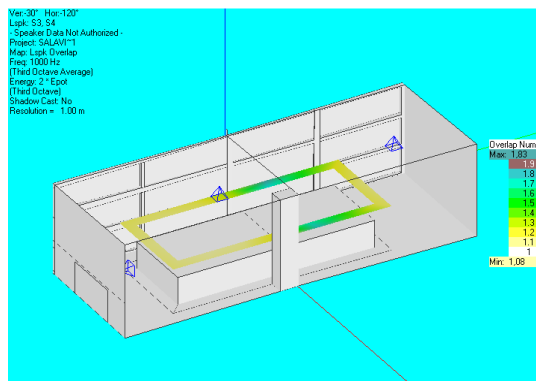
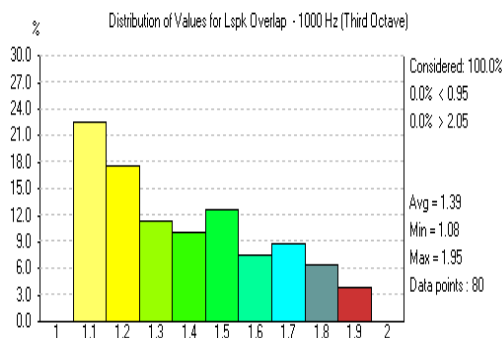


Figura 5.22 LSPK Overlap tras la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

El tiempo de llegada no ha sufrido ninguna modificación tras la propuesta de mejora por lo que el solapamiento nos sigue dando algún dB más en el sonido total, por lo que la sala que antes era correcta, sigue siendo correcta.

3-AL Cons:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

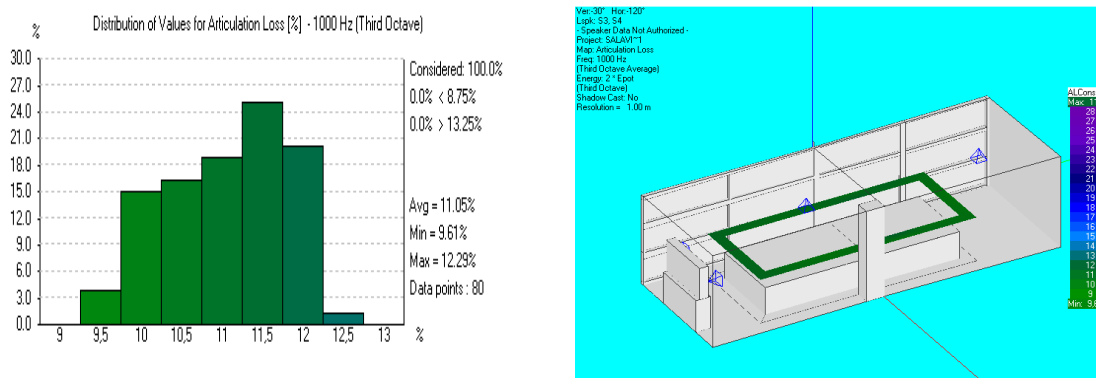


Figura 5.23 AICons antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Se puede observar como los valores de el AI Cons en el área de audiencia están entre 9,5 y 12,5. Estos valores indican que la inteligibilidad de la palabra en esta sala es pobre. Con la propuesta de mejora debemos mejorar considerablemente este parámetro.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

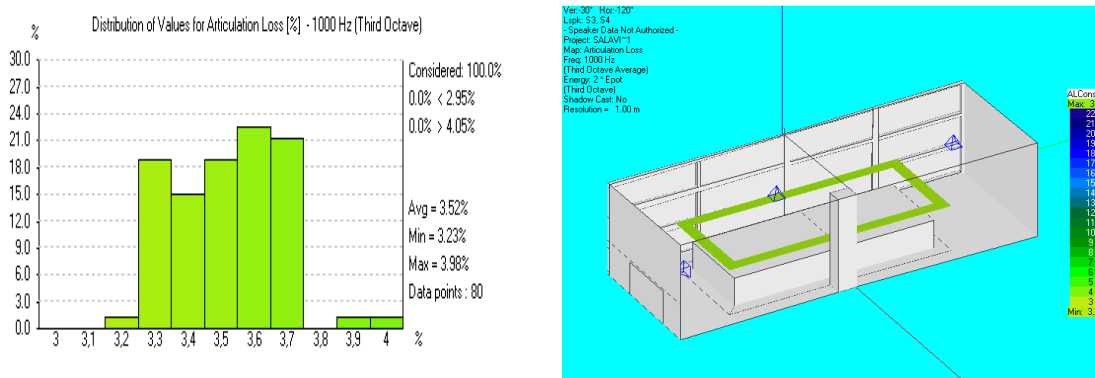


Figura 5.24 AICons tras la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Con la propuesta de mejora se ha conseguido bajar los valores del AI Cons. El AI cons de la sala ahora varía entre 3,2 y 3,7 en el área de audiencia. Habiendo conseguido así que la inteligibilidad de la palabra en la sala sea un mucho mejor, llegando a ser buena, ya que para valores entre 3 y 7 se considera buena la inteligibilidad de la palabra.

Se ha conseguido que la sala pase de muy pobre a buena según los valores del AICons.

4-RASTI:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

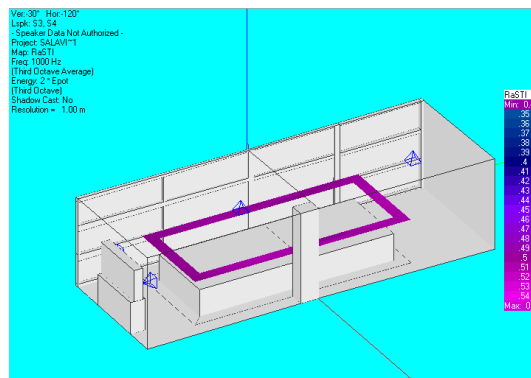
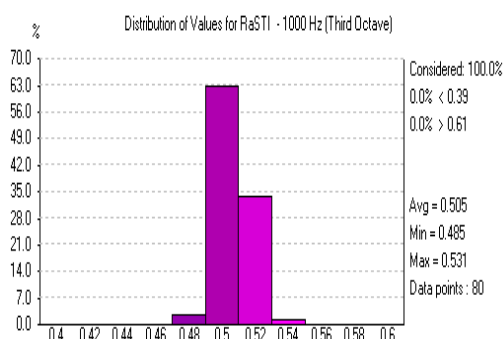


Figura 5.25 RASTI antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

los valores del RASTI antes de la propuesta de mejora van desde 0.46 hasta 0.54. Lo que nos indica que la inteligibilidad de la palabra de la sala según el RASTI es adecuada. Teniendo en cuenta que es una sala para realizar reuniones, videoconferencias... es decir, para hablar principalmente, interesaría que la inteligibilidad de la palabra sea más que adecuada. Es decir, que con la propuesta de mejora se deberá mejorar este parámetro.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

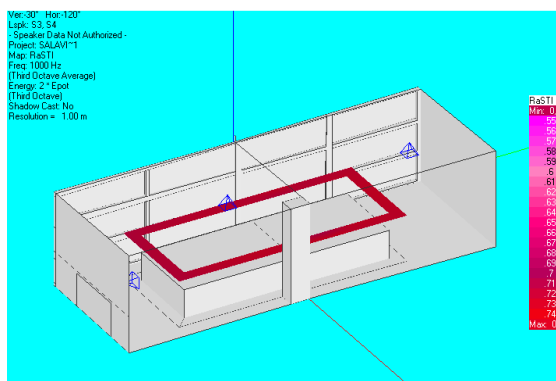
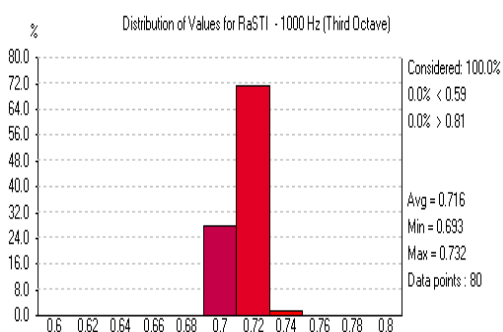


Figura 5.26 RASTI tras la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Tras la mejora véase cómo aumentados los valores del RASTI, teniendo ahora valores entre 0,7 y 0,74. Con la propuesta de mejora hemos mejorado los valores del RASTI, siendo ahora la inteligibilidad de la palabra muy buena o incluso excelente (a partir de 0.75).

La sala según el RASTI pasa de aceptable a prácticamente excelente con la mejora propuesta en este proyecto acústico.

5-Claridad:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

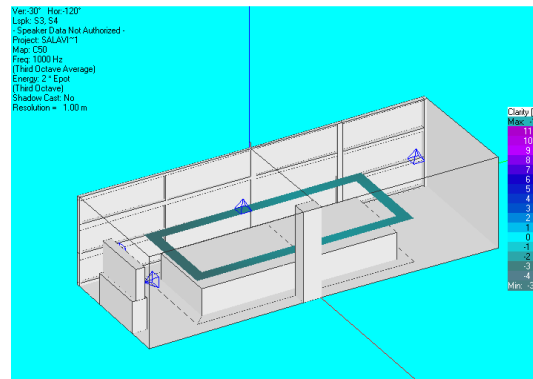
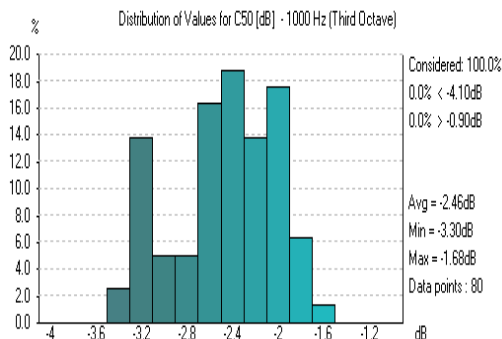


Figura 5.27 Claridad antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

La claridad de la sala original tiene valores entre -3,6 y -1,6 dB. Estos valores de la claridad no son considerados buenos ya que al tener un tiempo de reverberación superior al deseado los valores de la claridad deberían ser superiores siempre a 5dB, condición que no se cumple. La sala original según la claridad no es buena, es muy mala y este es un parámetro importante que se tendrá que mejorar.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

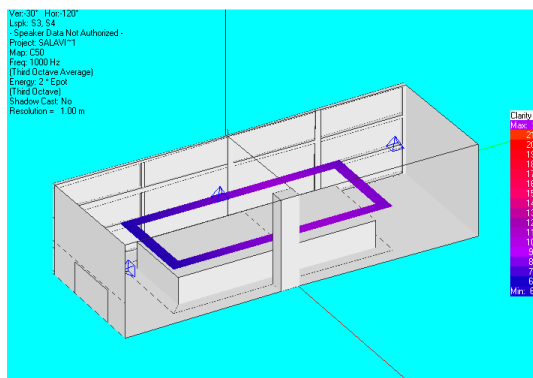
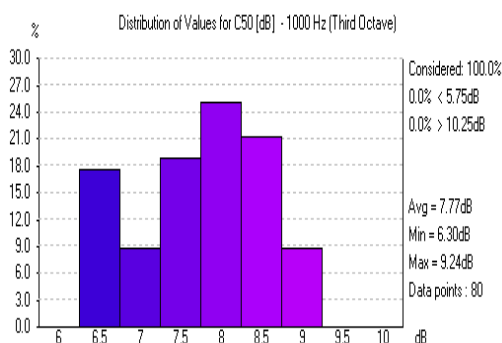


Figura 5.28 Claridad tras la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Con la mejora acústica se conseguirán valores de la claridad entre 6,5 y 9 dB. En este caso sí que son buenos ya que nuestro tiempo de reverberación no es superior al deseado, por lo que para que la sala sea buena los valores deben ser superiores a 0dB.

Se han conseguido mediante la mejora que la claridad de la sala pase de muy mala a buena.

6-Ratio D-R:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

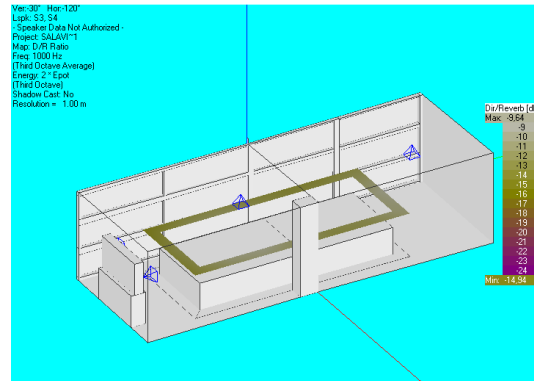
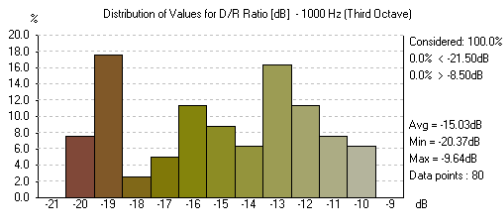


Figura 5.29 Ratio D/R antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Indica el ratio entre el sonido directo y el reverberante en términos de dB. Véase como todos los valores son negativos, lo que indica que el sonido reverberado es mayor que el directo, resultado esperado ya que era una sala muy reverberada.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

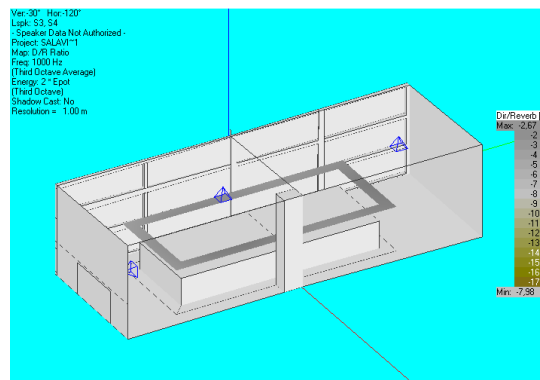
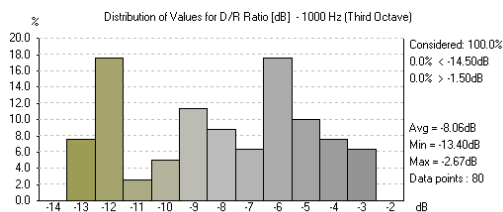


Figura 5.30 Ratio D/R antes la mejora acústica en la sala de videoconferencia.

Inicialmente la sala era muy reverberada y el sonido reverberado era mayor al sonido directo. Era indeseado, ya que para la palabra, interesan tiempos de reverberaciones bajos, es decir, que el sonido directo sea superior al reverberado. Véase como tras la propuesta de mejora el sonido directo es mayor al sonido reverberado. La sala ahora es buena para su uso mientras que antes era mala.



7-Calidez:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 0,79$$

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 1,01$$

8-Brillo:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 1,12$$

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 0,88$$

Ambos parámetros son más importantes para la música, pero se indican por si algún día se desea utilizar la sala con fines musicales, para conocerlos de antemano.



9-Clasificación de la sala de videoconferencia según los parámetros acústicos y la finalidad de la sala:

<i>Parámetro</i>	<i>Antes de la mejora</i>	<i>Después de la mejora</i>
<i>1-Tiempo de reverberación</i>	<i>Mala - 0,7 y 1 s</i>	<i>Muy Buena - 0,38 y 0,23 s</i>
<i>2-LSPK Overlap</i>	<i>Mala – 1 y 2</i>	<i>Correcta – 1,5 y 5</i>
<i>3-Al Cons</i>	<i>Muy pobre - 9,5 y 12,5</i>	<i>Buena – 3,2 y 3,7</i>
<i>4-RASTI</i>	<i>Aceptable – 0,46 y 0,54</i>	<i>Muy Buena - 0,7 y 0,74</i>
<i>5-Claridad</i>	<i>Mala - -3,6 y -1,6 dB</i>	<i>Buena – 6,5 y 9 dB</i>
<i>6-Relación D-R</i>	<i>Mala – < a 0</i>	<i>Correcta - > a 0</i>

Tabla 5.2 Clasificación de la sala de Videoconferencia.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las simulaciones de los parámetros que nos indican como de buena es una sala para la palabra, se puede apreciar como hay una gran mejora, tras la mejora acústica realizada.

Inicialmente se tenía una sala muy mala para la palabra, dato conocido nos lo indicado desde la empresa, tras la propuesta de mejora se tiene una sala que es entre buena y muy buena para la palabra.

La sala a paso de ser muy mala, a buena/muy buena, por lo que la propuesta de mejora ha sido muy eficaz.



5.4-SALA DE REUNIONES

1-Tiempo de Reverberación:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

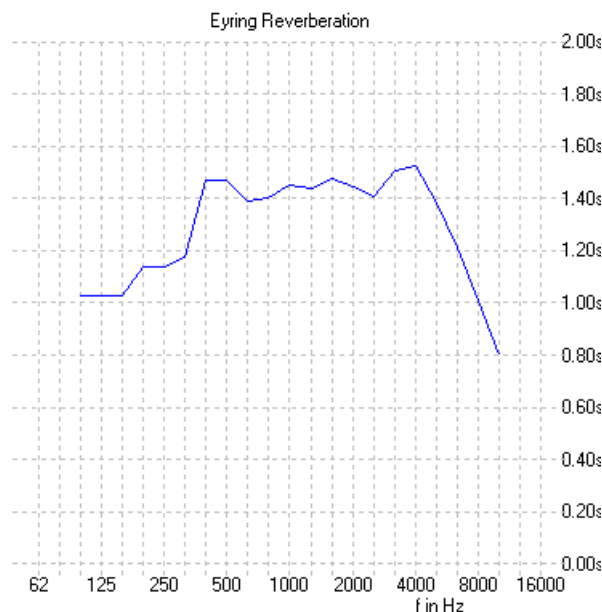


Figura 5.31 Gráfica del TR antes la mejora acústica en la sala de reuniones.

Band	RTime [s]
100 Hz	1,03
125 Hz	1,03
160 Hz	1,03
200 Hz	1,14
250 Hz	1,14
315 Hz	1,18
400 Hz	1,47
500 Hz	1,47
630 Hz	1,39
800 Hz	1,4
1000 Hz	1,45
1250 Hz	1,44
1600 Hz	1,48
2000 Hz	1,44
2500 Hz	1,41
3150 Hz	1,51
4000 Hz	1,52
5000 Hz	1,39
6300 Hz	1,21
8000 Hz	1,01
10000 Hz	0,8

Como se puede ver los valores del tiempo de reverberación son muy superiores a los deseados y no son nada lineales. Con la propuesta de mejora debemos mejorar considerablemente el tiempo de reverberación ya que se trata del parámetro más importante.

Figura 5.32 Valores del TR antes la mejora acústica en la sala de reuniones



DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

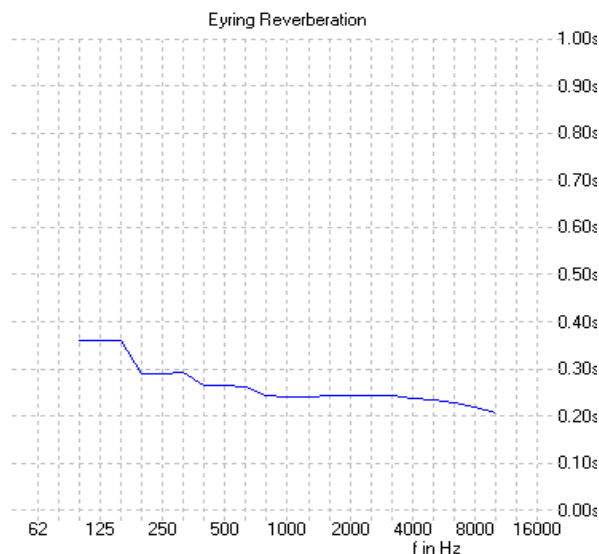


Figura 5.33 Gráfica del TR tras la mejora acústica en la sala de reuniones.

Band	RTime [s]
100 Hz	0,36
125 Hz	0,36
160 Hz	0,36
200 Hz	0,29
250 Hz	0,29
315 Hz	0,29
400 Hz	0,27
500 Hz	0,27
630 Hz	0,26
800 Hz	0,24
1000 Hz	0,24
1250 Hz	0,24
1600 Hz	0,24
2000 Hz	0,24
2500 Hz	0,24
3150 Hz	0,24
4000 Hz	0,24
5000 Hz	0,23
6300 Hz	0,23
8000 Hz	0,22
10000 Hz	0,21

Tras la propuesta de mejora los valores obtenidos en el tiempo de reverberación oscilan entre 0,36 y 0,21. Como se ha indicado anteriormente son valores muy buenos para una sala en la que se van a realizar conferencias. Y también siguen una gran linealidad.

Figura 5.34 Valores del TR tras la mejora acústica en la sala de reuniones.

La propuesta de mejora acústica ha mejorado el tiempo de la sala, introduciéndolo mejorando incluso (como en los casos anteriores) los valores óptimos del tiempo de reverberación para una sala que tiene el fin de realizar conferencias, reuniones, etc....

Se puede decir que según el tiempo de reverberación la sala tras la propuesta de mejora pasa de muy malo a muy bueno. Algo muy positivo ya que se trata del parámetro más importante, ya que si el TR mejora, todos los demás también lo hacen.

2-LSPK Overlap:

De este parámetro no se mostrarán resultados, ya que al solo tener un altavoz en la sala, el valor de este parámetro es siempre 1.

El tiempo de llegada de esta sala oscila entre 3 y 16 ms, por lo que solamente aumentaría el nivel de sonido total, pero como únicamente tenemos un altavoz no hay aumento.

3-AL Cons:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

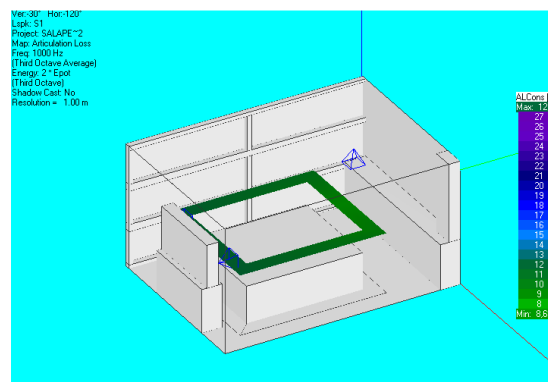
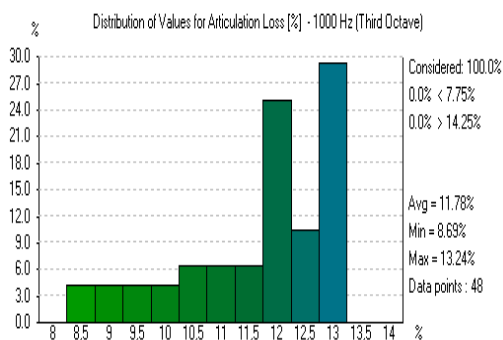


Figura 5.35 AlCons antes la mejora acústica en la sala de reuniones.

Los valores de el Al Cons están entre 8,5 y 13. Estos valores indican que la inteligibilidad de la palabra en esta sala es pobre.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

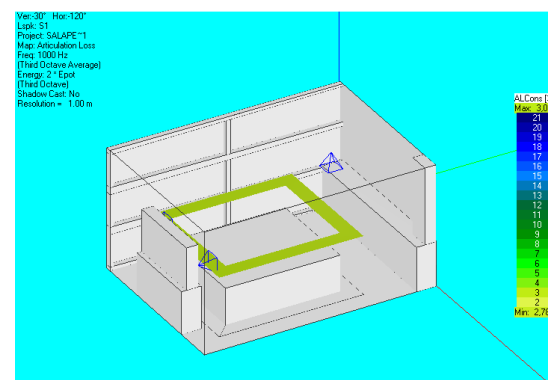
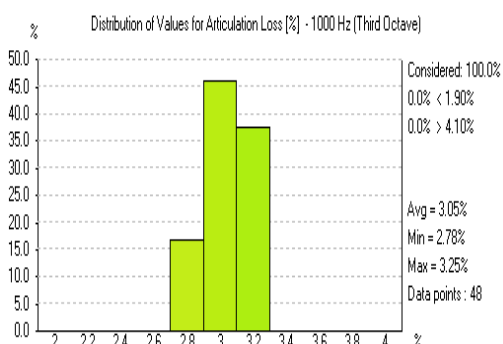


Figura 5.36 AlCons tras la mejora acústica en la sala de reuniones.

Con la propuesta de mejora se ha conseguido bajar un poco los valores del AI Cons. El AI cons de la sala ahora varía entre 2,8 y 3,2. Habiendo conseguido así que la inteligibilidad de la palabra en la sala sea un mucho mejor, llegando a excelente, ya que para valores igual o menores a 3 se considera excelente la inteligibilidad de la palabra.

Se ha conseguido que la sala pase de pobre a excelente según los valores del AICons.

4-RASTI:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

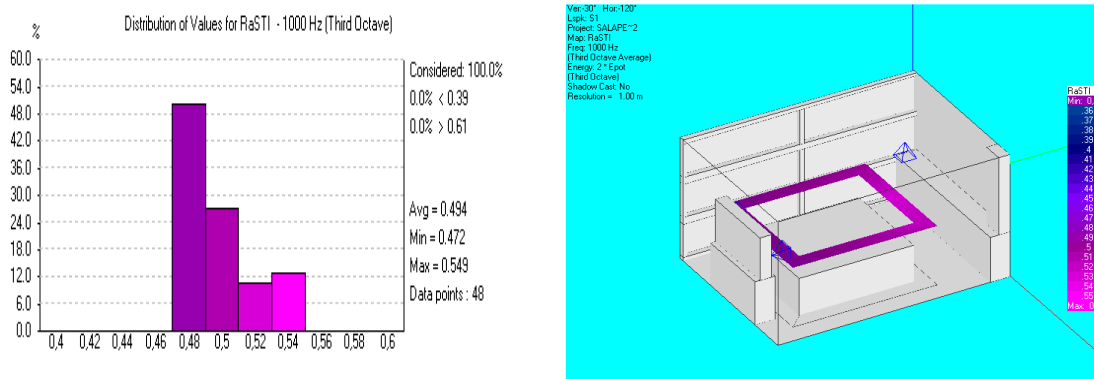


Figura 5.37 RASTI antes la mejora acústica en la sala de reuniones.

Los valores del RASTI antes de la propuesta de mejora van desde 0.48 hasta 0.54. Lo que nos indica que la inteligibilidad de la palabra de la sala según el RASTI es aceptable. Pero como se ha comentado anteriormente para una sala con el uso que tiene es preferible valores de RASTI superiores, por lo que en la propuesta de mejora deberemos hacer que el RASTI aumente.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

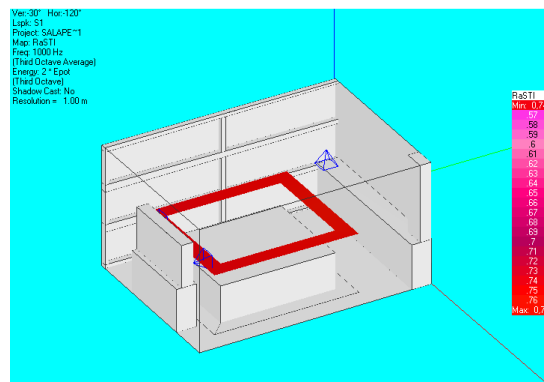
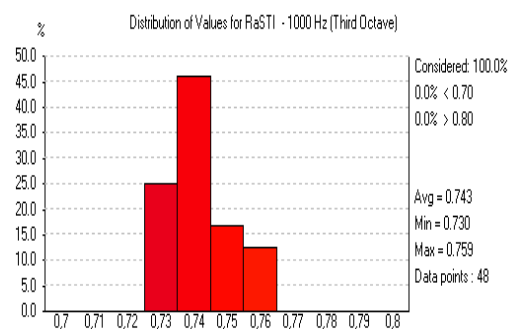


Figura 5.38 RASTI tras la mejora acústica en la sala de reuniones.

Tras la mejora véase cómo aumentamos los valores del RASTI, teniendo ahora valores entre 0,73 y 0,76. Con la propuesta de mejora se han mejorado los valores del RASTI, siendo ahora la inteligibilidad de la palabra muy buena o incluso excelente (a partir de 0.75).

La sala según el RASTI pasa de aceptable a excelente con la mejora propuesta en este proyecto acústico.

5-Claridad:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

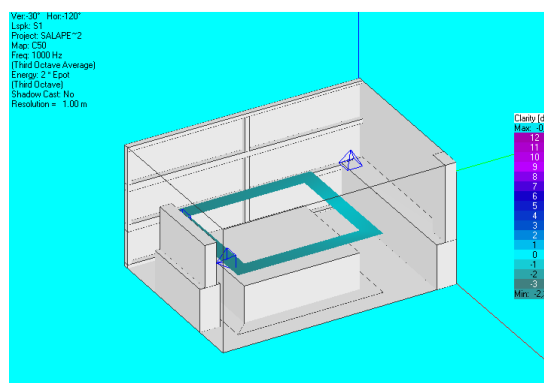
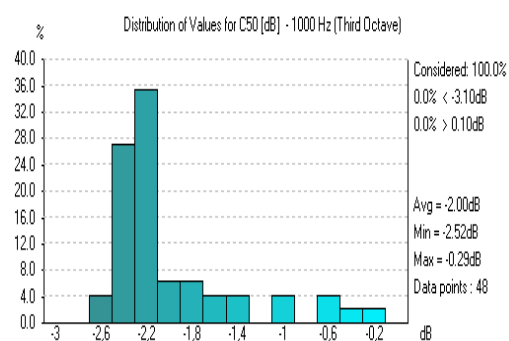


Figura 5.39 Claridad antes la mejora acústica en la sala de reuniones.

La claridad de la sala original tiene valores entre -2 y 0.2 dB. Estos valores de la claridad no son considerados buenos ya que al tener un tiempo de reverberación superior al deseado los valores de la claridad deberían ser superiores siempre a 5dB, condición que no se cumple. La sala original según la claridad no es buena.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

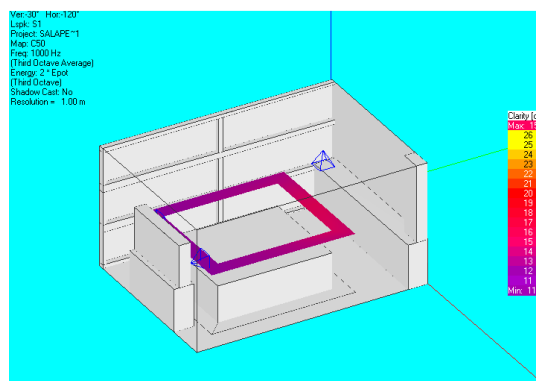
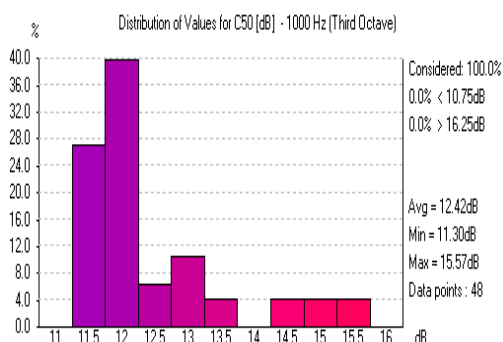


Figura 5.40 Claridad tras la mejora acústica en la sala de reuniones.

Con la mejora acústica se consiguen valores de la claridad entre 11 y 15 dB. En este caso sí que son buenos ya que el tiempo de reverberación no es superior al deseado, por lo que para que la sala sea buena los valores deben ser superiores a 0dB.

Se ha conseguido mediante la mejora que la claridad de la sala pase de no buena a buena.

6-Ratio D-R:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

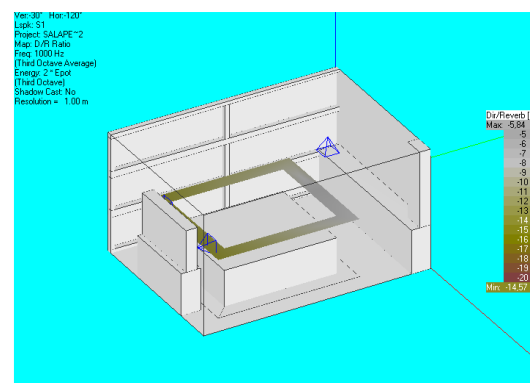
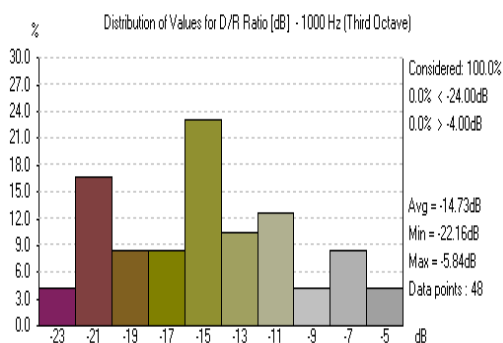


Figura 5.41 Ratio D/R antes la mejora acústica en la sala de reuniones.

Indica el ratio entre el sonido directo y el reverberante en términos de dB. Véase como todos los valores son negativos, lo que indica que el sonido reverberado es mayor que el directo. Resultado esperado ya que la sala inicial era muy reverberada. Esto es malo ya que para la palabra deseamos una sala con poca rever.

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

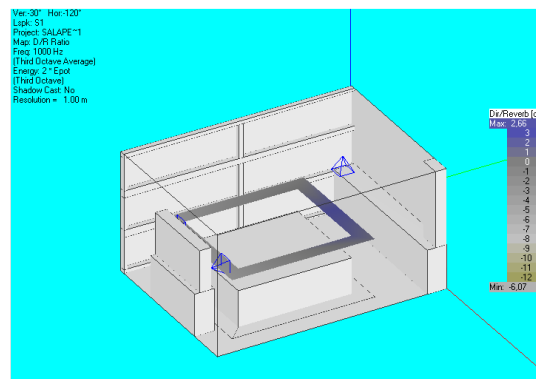
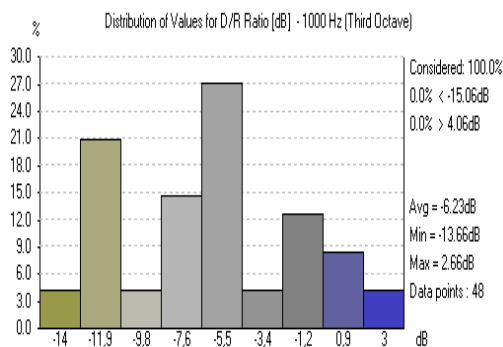


Figura 5.42 Ratio D/R tras la mejora acústica en la sala de reuniones.

Con la mejora acústica se consiguen valores en la zona de audiencia entre -1 (en los extremos) y 3, 4, 5 cerca del centro. Siendo así el sonido directo mayor al reverberado.

Esto indica que con la propuesta de mejora la sala ha dejado de ser muy reverberada (como ya hemos visto en el TR) por lo que es buena para la palabra. La sala ha pasado de mala a buena.

7-Calidez:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 0,77$$

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Calidez} = (\text{TR}(125\text{Hz}) + \text{TR}(250\text{Hz})) / (\text{TR}(500\text{Hz}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 0,96$$



8-Brillo:

ANTES DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 1,27$$

DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

$$\text{Brillo} = (\text{TR}(2\text{kHz}) + \text{TR}(4\text{kHz})) / (\text{TR}(500\text{HZ}) + \text{TR}(1\text{KH})) = 0,99$$

Ambos parámetros son más importantes para la música, pero los indicamos por si algún día se desea utilizar la sala con fines musicales, para conocerlos de antemano.

9-Clasificación de la sala de conferencia grande según los parámetros acústicos y su finalidad:

<i>Parámetro</i>	<i>Antes de la mejora</i>	<i>Después de la mejora</i>
<i>1-Tiempo de reverberación</i>	<i>Mala – 0,8 y 1.4</i>	<i>Muy Buena - 0,36 y 0,21</i>
<i>2-LSPK Overlap (solo hay un altavoz, así que no lo tenemos en cuenta)</i>	<i>Correcta - 1</i>	<i>Correcta - 1</i>
<i>3-Al Cons</i>	<i>Pobre - 8,5 y 13</i>	<i>Excelente – 2,</i>
<i>4-RASTI</i>	<i>Aceptable – 0,48 y 0,54</i>	<i>Excelente - 0,73 y 0,76</i>
<i>5-Claridad</i>	<i>Mala - -2 y 0.2 dB</i>	<i>Buena – 11 y 15 dB</i>
<i>6-Ratio D-R</i>	<i>Mala - < a 0</i>	<i>Buena - > a 0</i>

Tabla 5.3 Clasificación de la sala de Reuniones.

Tras ver las simulaciones realizadas en EASE antes y después de la propuesta de mejora se ve como la propuesta de mejora la podemos calificar de muy buena ya que la sala inicial era muy mala para la palabra y la sala mejorada se puede considerar muy buena para la palabra.



CAPITULO VI:

**PRESUPUESTO DE
LAPROPUESTA DE MEJORA
ACÚSTICA**



6.1-PRESUPUESTO

PRESUPUESTO PROPUESTA DE MEJORA

Sala de Conferencias			
Material	Precio	Cantidad	Total
1. Paneles acústicos Brisa	47,43 €/m2	91 m2	4316 €
2. Panel Resonador TR-R9	691,30 €/m2	9 m2	6222 €
3. Panel Acústico AcustiForo TP 210mm	109,82 €/m2	14 m2	1537 €
4. Cortina Acústica	130,95 €/unid	1	130,95 €

SALA DE CONFERENCIA	12205,95 €
---------------------	-------------------

Sala de Videoconferencias			
Material	Precio	Cantidad	Total
1. Paneles acústicos Brisa	47,43 €/m2	33 m2	1565,19 €
2. Panel Resonador TR-R9	691,30 €/m2	3 m2	2073,9 €
3. Panel Acústico AcustiForo TP 50mm	98,24 €/m2	6 m2	589,44 €

SALA DE VIDEOCONFERENCIA	4228,53 €
--------------------------	------------------

Sala de Reuniones			
Material	Precio	Cantidad	Total
1. Paneles acústicos Brisa	47,43 €/m2	16 m2	758,88 €
2. Panel Resonador TR-R9	691,30 €/m2	3 m2	2073,9 €
3. Panel Acústico AcustiForo TP 50mm	98,24 €/m2	6 m2	589,44 €

SALA DE REUNIONES	3422,22 €
-------------------	------------------

TOTAL PROPUESTA DE MEJORA ACÚSTICA	19856,7 €
-------------------------------------------	------------------



CAPITULO VII:

**VALORACIÓ DE LA
PROPUESTA DE MEJORA**



7.2-VALORACIÓN

Tras haber llevado a cabo las simulaciones de las salas originales y las salas mejoradas se puede llegar a la conclusión de que la propuesta de mejora realiza es muy buena.

En las tres salas del edificio que se ha llevado a cabo la propuesta de mejor los resultados han sido grandes y positivos. En las tres salas ha habido mejoras, principalmente en las dos segundas ya que en la primera la mejora ha sido buena pero en las otras dos se puede considerar de muy buena o de excelente.

La primera sala (Sala de Conferencia Grande) inicialmente era la mejor de las tres ya que no tenía todas las paredes de cristal, tenía un techo acústico (no muy bueno)... aunque no era muy buena, aunque tampoco malísima (como son los otros dos casos). Tras la propuesta de mejora sus parámetros nos indican que es muy buena para la palabra.

Las otras dos salas inicialmente eran muy malas, ya que eran salas con muchísimo cristal, paredes paralelas... Eran muy malas para la palabra. Tras la mejora han pasado a ser muy buenas.

En resumen, el resultado de la propuesta de mejora es muy bueno ya que tras ellas todas las salas han llegado a ser muy buenas para la palabra. En el primer caso la mejora no ha sido tan grande porque la sala no es tan mala.

La propuesta de mejora realizada para la “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*” cumple los objetivos propuestos en este proyecto. Los objetivos tanto de la empresa como de



CAPITULO VIII:

**CONCLUSIONES Y LÍNEAS
FUTURAS**



8.1-CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto se han cumplido los objetivos propuestos en sus inicios. Se han cumplido tanto los objetivos del alumno, como de la empresa, la “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*”

Por parte del alumno ha aprendido ha como realizar un proyecto final de carrera, así como todo lo relacionado con la acústica en edificios, realizando un estudio profundo de la calidad sonora de los espacios más críticos del edificio en la “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*”.

Para llevar esta tarea a cabo se ha realizado un estudio de la distribución de las oficinas en las cuales sita la empresa y su utilidad. Se ha tenido que familiarizar y profundizar con el software de simulación acústico EASE 4.1. Se ha llevado un estudio de los parámetros acústicos. Se han tomado medidas reales de los recintos para posteriormente introducirlos en el software, construyendo un modelo en EASE y simularlo.

Para el estudiante ha sido muy positivo realizar un proyecto real. Habiendo estado en la empresa con la empresa interesada, conociendo el mundo laboral, contactando con la empresa y con la tutora en ella. Es decir aprovechando una oportunidad de a la vez de realizar el proyecto final de carrera, introducirse en el mundo laboral, aunque sea de manera ínfima.

Por parte de la empresa, ha cumplido los objetivos de conocer como es acústicamente su local, ver donde están los fallos que ellos comentaban. También ha sido creada una propuesta de mejora, que ha sido demostrada que es muy buena, para subsanar esas imperfecciones acústicas.



8.2-LÍNEAS FUTURAS

Siguiendo con el edificio de la la “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*”, podemos pensar otras propuestas para mejorar la acústica del edificio y así poder trabajar con mayor comodidad y eficiencia,

Una nueva propuesta sería realizar un estudio de las zonas comunes de la empresa, salas en las que están trabajando la mayoría de los empleados, todos ellos hablando continuamente por teléfono.

El personal está distribuido en forma de “tablero de ajedrez” separados por unos paneles, lo cual genera un gran ruido de ambiente.

Se podría hacer un estudio y una propuesta de esas zonas comunes con el fin de que en cada puesto de trabajo solamente se escuche a él mismo, o por lo menos que la interferencia acústica sea mucho menor.



BIBLIOGRAFÍA

Libros

- 1- Antoni Carrión Isbert. *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. © Ediciones UPC, 1998.
- 2- F. Alton Everest. *The Master Handbook of Acoustics*. © McGraw-Hill, 2001.
- 3- Glen M. Ballou. *Handbook for sound engineers*. © Ed. Focal Press. 2002.
- 4- Carlos Larrondo. Apuntes de la asignatura *Laboratorio de acústica y sonorización*.

Links

- 1-<http://www.auralex.com>
- 2-<http://www.acoustics101.com>
- 3 <http://www.sea-acustica.es>
- 4-<http://www.masacoustics.com>
- 5-<http://www.spickatto.com>
- 6-<http://www.alfasoni.com>
- 7-<http://www.acusticaintegral.com>
- 8-<http://www.morpa.com>

ESTUDIO, SIMULACIÓN Y REFORMA ACÚSTICA DE LA “ASESORÍA ZABALA *INNOVATION CONSULTING*”

Autor: Mikel Echapare Zabaleta

Tutor: Carlos Larrondo Guillén



Objetivo

- ▶ El objetivo del proyecto es realizar la simulación, estudio, propuesta de mejora acústica y simulación con las propuestas de mejora.
- ▶ La simulación se realiza sobre un edificio real. Desde la *“Asesoría Zabala Innovation Consulting”* nos han informado de la mala acústica del edificio y su deseo de buscar una propuesta de mejora acústica.
- ▶ Se realizará un estudio profundo de la calidad sonora de aquellos espacios críticos en la *“Asesoría Zabala Innovation Consulting”*.

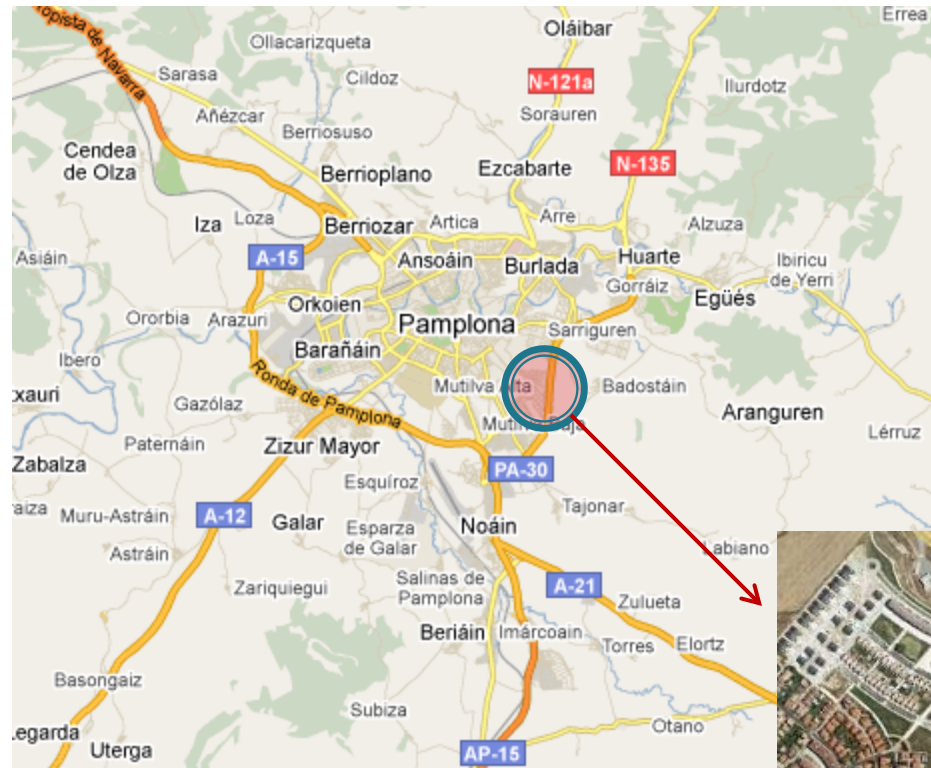
Objetivo

- ▶ Estudiar la distribución de las oficinas en las cuales sita la empresa y su utilidad.
- ▶ Familiarizarse con el software de simulación acústico EASE 4.1.
- ▶ Estudiar de los parámetros más importantes que influyen en la acústica.
- ▶ Tomar medidas reales de las áreas a estudiar
- ▶ Construir un modelo en EASE y simularlo
- ▶ Proponer una mejora acústica y simularla

Objetivos operativos

- ▶ Contactar con la empresa y obtener una tutora en ella.
- ▶ Visitar la empresa y tomar las medidas pertinentes.
- ▶ Volver a refrescar el uso del software EASE
- ▶ Recopilar la teoría acústica necesaria en el análisis.
- ▶ Dibujar en EASE todas las salas a estudiar.
- ▶ Simular bajo diferentes condiciones.
- ▶ Proponer mejoras.
- ▶ Resimular las mejoras.
- ▶ Estudiar las discrepancias.
- ▶ Obtener las conclusiones.

Localización del edificio



Descripción del edificio

- ▶ El edificio Zabala, consta de tres plantas con diversas salas y despachos. En este proyecto se va a centrar en tres salas críticas, las cuales son utilizadas para realizar, reuniones, exposiciones, conferencias, videoconferencias, ruedas de prensas...
 - Sala de conferencias grande
 - Sala de videoconferencias
 - Sala de reuniones



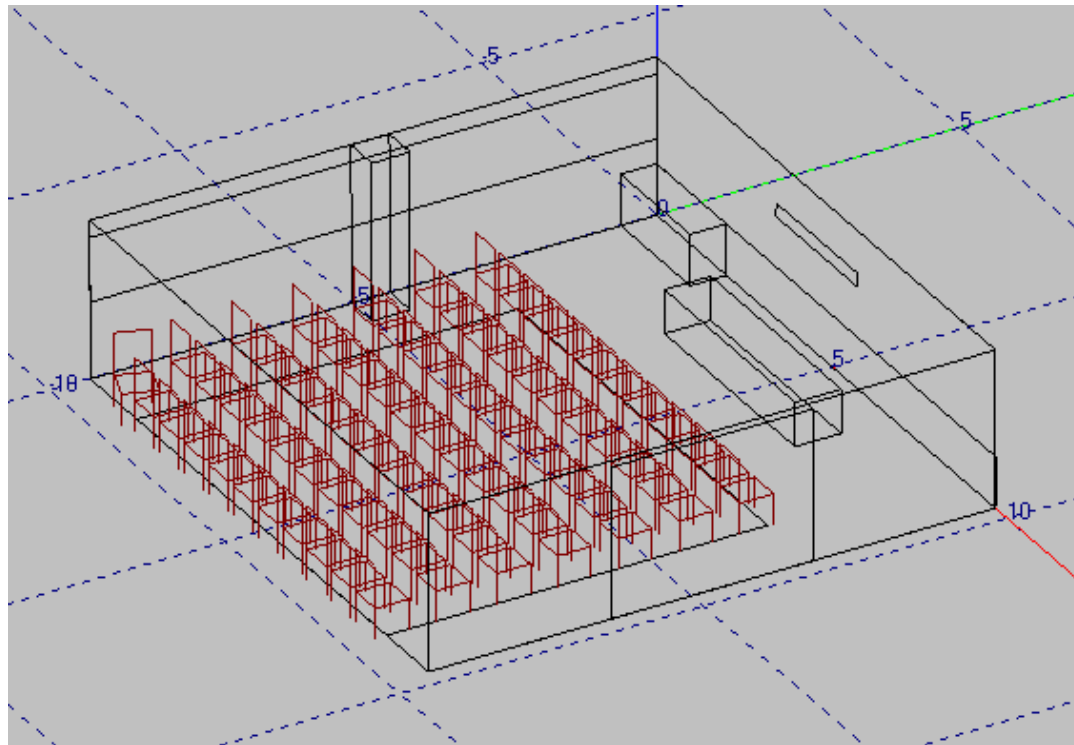
Descripción del edificio

Sala de Conferencias Grande

- ▶ El techo de la sala es un techo acústico de la compañía Movinord, aunque lo cambiaremos en la propuesta de mejora ya que no es suficientemente absorbente.
- ▶ Tiene un volumen de 243 m³
- ▶ La pared principal (a la que enfocan las sillas) y la trasera (enfrente de la principal) son de cemento pintado.
- ▶ La pared de que da a la calle es de cemento y tiene una ventana que ocupa toda la pared.
- ▶ La venta tiene una rejilla hacia el interior de la sala. Y el suelo se de baldosas.

Descripción del edificio

Sala de Conferencia Grande: simulación en EASE



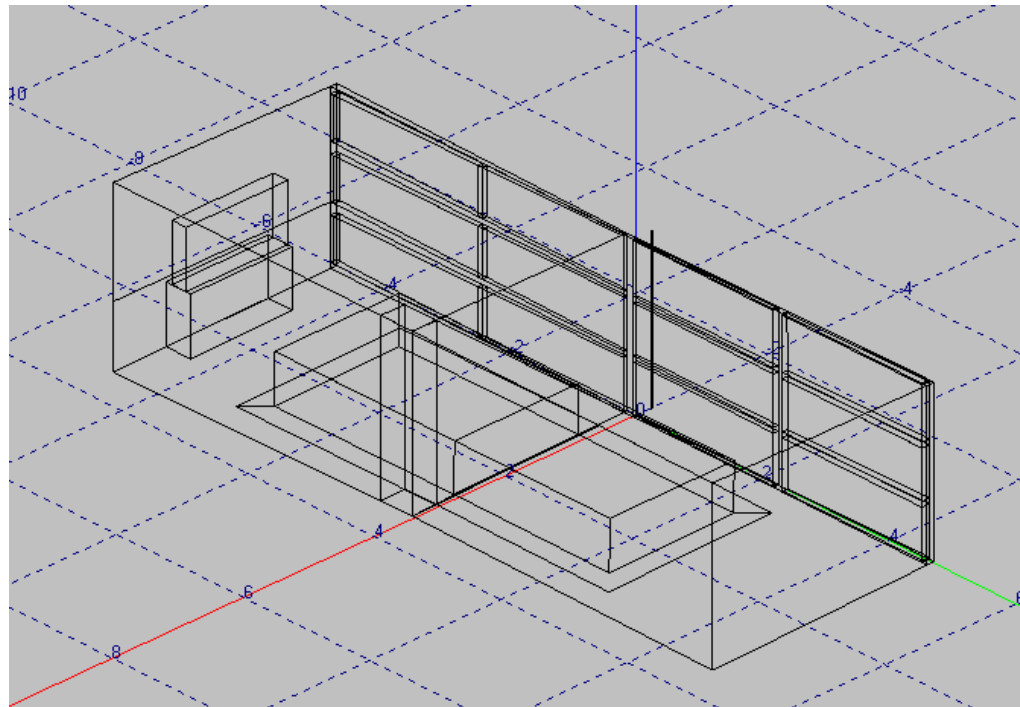
Descripción del edificio

Sala de Videoconferencias

- ▶ El techo de la sala es de escayola
- ▶ Tiene un volumen de 85m^3
- ▶ Las paredes todas, excepto en la que se encuentra la televisión, son de cristal, la que da hacia la calle tiene un marco de madera.
- ▶ En medio hay una mesa central muy grande que ocupa prácticamente toda la habitación rodeada de sillas de cuero.

Descripción del edificio

Sala de Videoconferencias: simulación en EASE



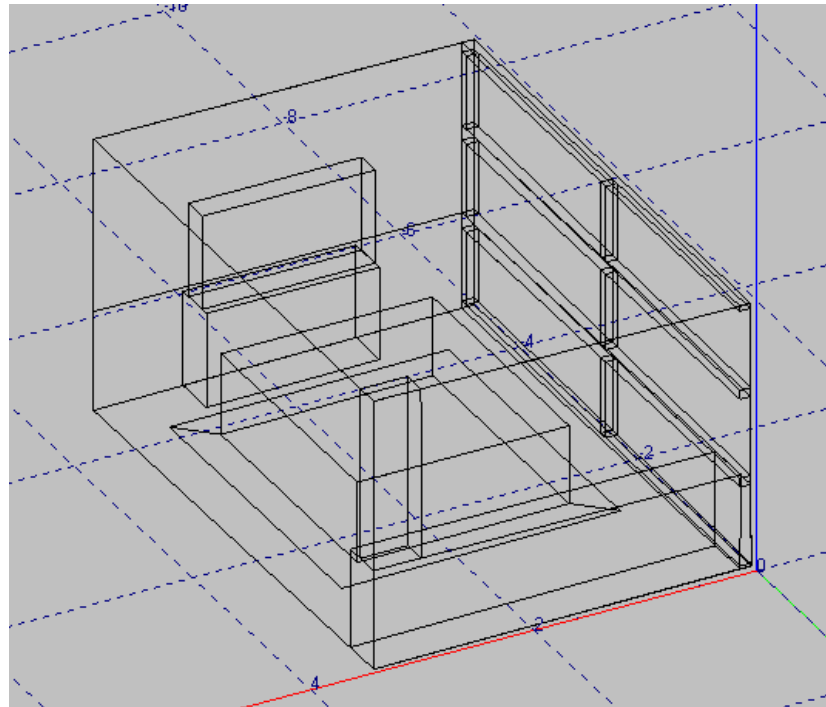
Descripción del edificio

Sala de Reuniones

- ▶ El techo de la sala es de escayola
- ▶ Tiene un volumen de 50m^3
- ▶ Las paredes todas, excepto en la que se encuentra la televisión, son de cristal, la que da hacia la calle tiene un marco de madera.
- ▶ En medio hay una mesa central muy grande que ocupa prácticamente toda la habitación rodeada de sillas de cuero.

Descripción del edificio

Sala de Videoconferencias: simulación en EASE



Estudio de las salas originales

Parámetros a simular

- ▶ Tiempo de Reverberación
- ▶ Sonido Directo
- ▶ Sonido Total
- ▶ LSPK Ovelap
- ▶ Distancia Crítica
- ▶ Relación D/R
- ▶ Tiempo de Llegada
- ▶ ITD Gap
- ▶ Claridad
- ▶ AI Cons
- ▶ RASTI
- ▶ Calidez
- ▶ Brillo

Estudio de las salas originales

Parámetros (más importantes para la palabra) a simular

- *Valores adecuados del Tiempo de Reverberación para la palabra:* cuanto menor sea el TR mejor, menos reverberante será la sala
- *Valores adecuados del LSPK Overlap para la palabra:*
 - ▶ 1 -> no hay interferencia entre altavoces
 - ▶ > 1 -> hay interferencia
 - ▶ < 1 -> interferencia indeseada
- *Valores adecuados de la relación D-R para la palabra:* números inferiores a 0 significarán que el sonido reverberante es más alto que el directo, así como los valores superiores a 0 indicarían lo contrario.

Estudio de las salas originales

Parámetros (más importantes para la palabra) a simular

- *Valores adecuados de la claridad para la palabra:* La claridad de una sala con TR normal se considera buena si los valores son superiores a 0 dB. Para salas con un TR elevado se considera buena la claridad a partir de 5 dB.
- *Valores adecuados del ALCons para la palabra*
 - ▶ 0-3 -> Excelente.
 - ▶ 3-7 -> Bien.
 - ▶ 7-11 -> Aceptable.
 - ▶ 11-15 -> Pobre.
 - ▶ +12 -> Inaceptable

Estudio de las salas originales

Parámetros (más importantes para la palabra) a simular

- *Valores adecuados RASTI para la palabra:*

- ▶ 0.75–1 -> Excelente.
- ▶ 0.6–0.75 -> Bien.
- ▶ 0.45–0.6 -> Adecuado.
- ▶ 0.3–0.45 -> Pobre.
- ▶ 0–0.3 -> Inaceptable

Estudio de las salas originales

Sala de Conferencias Grande

Parámetro	Antes de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Mala – 0,7 y 1 s
2-LSPK Overlap	Normal – 1,5 y 5
3-AI Cons	Muy buena – 3,5 y 5
4-RASTI	Buena – 0,66 y 0,72
5-Claridad	Mala – 1 y 9 dB
6-Ratio D-R	Correcta – -5 y -1

Estudio de las salas originales

Sala de Videoconferencias

Parámetro	Antes de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Mala - 0,7 y 1 s
2-LSPK Overlap	Mala - 1 y 2
3-AI Cons	Muy pobre - 9,5 y 12,5
4-RASTI	Aceptable - 0,46 y 0,54
5-Claridad	Mala - -3,6 y -1,6 dB
6-Ratio D-R	Mala - < a 0

Estudio de las salas originales

Sala de Reuniones

Parámetro	Antes de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Mala – 0,8 y 1.4 s
2-LSPK Overlap	Correcta – 1
3-AI Cons	Pobre – 8,5 y 13
4-RASTI	Mala – 0,48 y 0,54
5-Claridad	Mala – -2 y -0,2 dB
6-Ratio D-R	Mala – < a 0

Estudio de las salas originales

Valoración

- ▶ La sala de Conferencia grande es la mejor de las tres (o la menos mala). Era algo esperado por los materiales de la sala, ya que no hay elementos tan poco absorbentes como en las otras dos salas.
- ▶ Las otras dos salas son muy malas para la palabra. El sonido reverberado es muy grande y con ello el tiempo de reverberación también lo es.
- ▶ La propuesta de mejora deberá ser más eficaz para las salas de reuniones y de videoconferencia ya que son más reverberantes que la de conferencias. Debemos conseguir que tras la reforma las salas sean muy buenas para la palabra.

Propuesta de Mejora Acústica

- ▶ Elegiremos los materiales, teniendo en cuenta sus coeficientes de absorción y su estilo, ya que se trata de un edificio de nueva construcción, a penas tiene año y medio. Tendremos que respetar el estilo y la estética del edificio a la hora de elegir los materiales.
- ▶ Se simulará en EASE la propuesta de mejora acústica.
- ▶ Se realizará una comparación con los resultados de las simulaciones de las salas originales, con las mismas tras la mejora acústica para conocer la eficacia de la propuesta y ver si los resultados obtenidos son los deseados.

Propuesta de Mejora Acústica

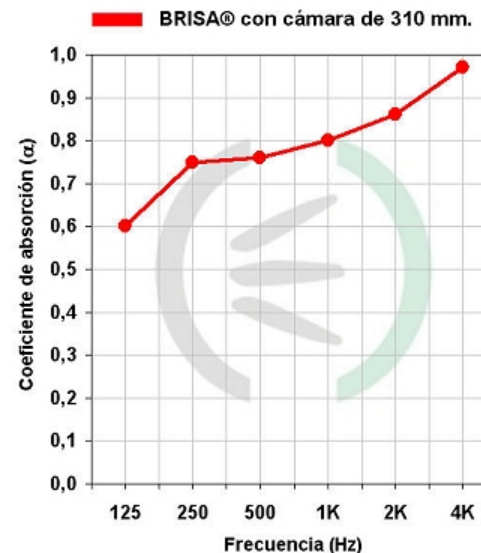
Materiales utilizados

1. Panel Acústico Brisa:



Panel acústico decorativo absorbente y difusor acústico compuesto en su totalidad de fibra de poliéster.

Absorción:



Propuesta de Mejora Acústica

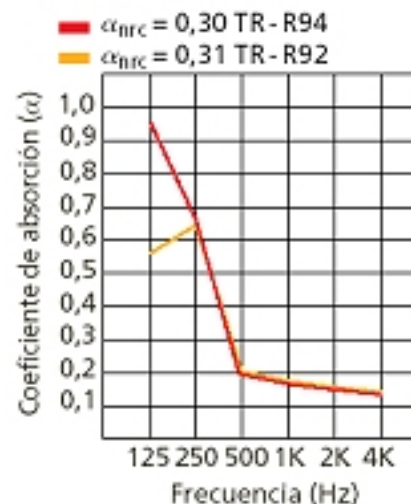
Materiales utilizados

2. Resonador TR-R9:



Ha sido elegido en color wengue, un color que no romperá la estética de las salas.

Absorción:



Propuesta de Mejora Acústica

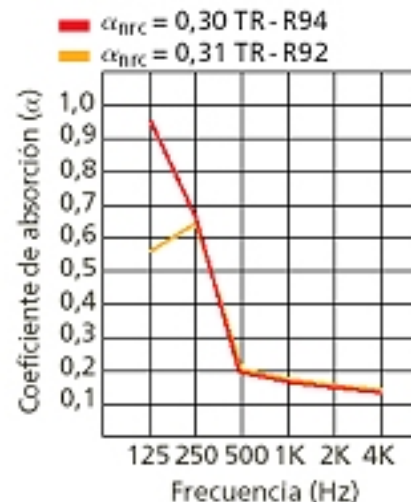
Materiales utilizados



3. Panel acústico AcustiForo TP 210 y 50 mm:

Panel absorbente de revestimiento decorativo para techos y paredes. Ha sido elegido en color wengue, para no romper la estética de las salas.

Absorción:



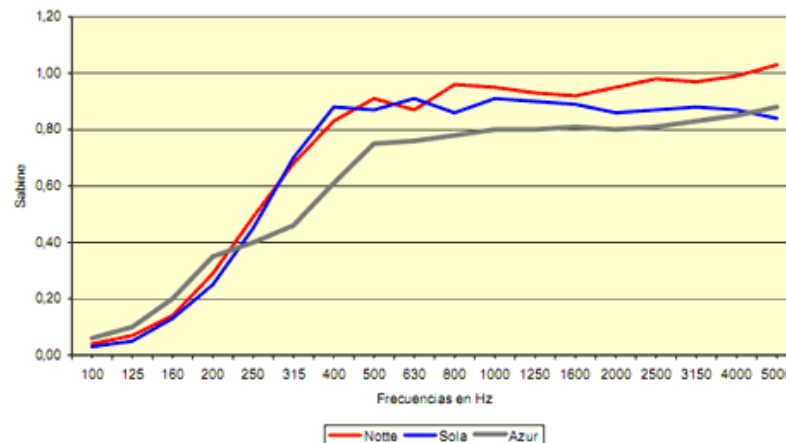
Propuesta de Mejora Acústica

Materiales utilizados

4. Cortina Acústica Biosilence Noite:

Cortina para el control de las bajas frecuencias .

Absorción:



Propuesta de Mejora Acústica

Materiales utilizados

5. Sillas de cuero:

Sillas con una mayor absorción que las que hay en la sala de Conferencias, ya que las otras salas ya tienen sillas de cuero.

Absorción:

ABSORCIÓN ACÚSTICA (EN BANDAS DE OCTAVAS) Hz					
125	250	500	1K	2K	4K
0.44	0.54	0.6	0.62	0.58	0.5

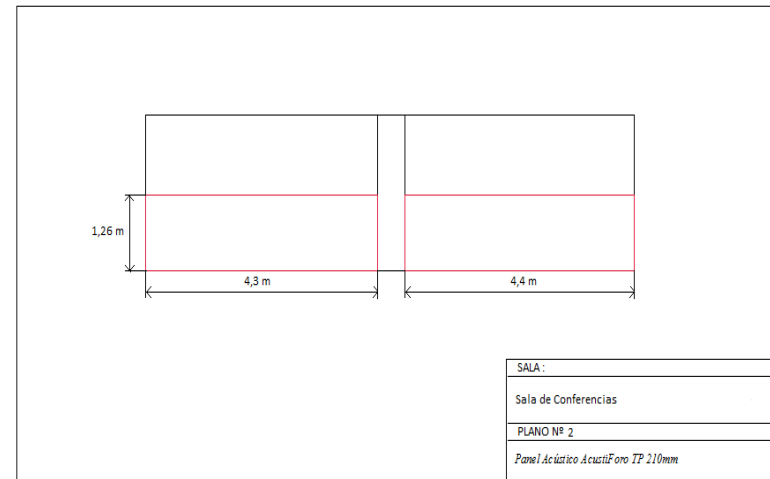
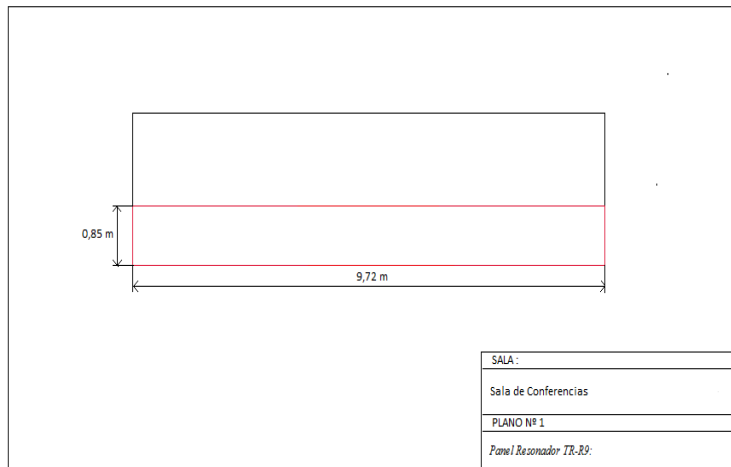
Propuesta de Mejora Acústica

Colocación de los materiales en Sala de Conferencias Grande

- ▶ *Techo formado por paneles acústicos Brisa:* se sustituirá todo el techo completo por el nuevo formado por los paneles acústicos brisa, dejando las lámparas y los altavoces en su misma posición.
- ▶ *Panel Resonador TR-R9:* se coloca en la pared principal, a la que enfocan las sillas. Será colocado ocupando todo el ancho de la pared aunque con una altura de 80 cm. Recuadro naranja de la imagen.
- ▶ *Panel Acústico AcustiForo TP 210mm:* Colocado el panel AcustiForo TP de 210mm en la pared de la ventana, por debajo de ella. Además se piensa que quedará muy bien ya que es un color wengue, que entra en el estilo de la sala. Recuadro naranja de la imagen.
- ▶ *Cortina Acústica:* será colocada la cortina en la pared trasera.

Propuesta de Mejora Acústica

Colocación de los materiales en Sala de Conferencias Grande



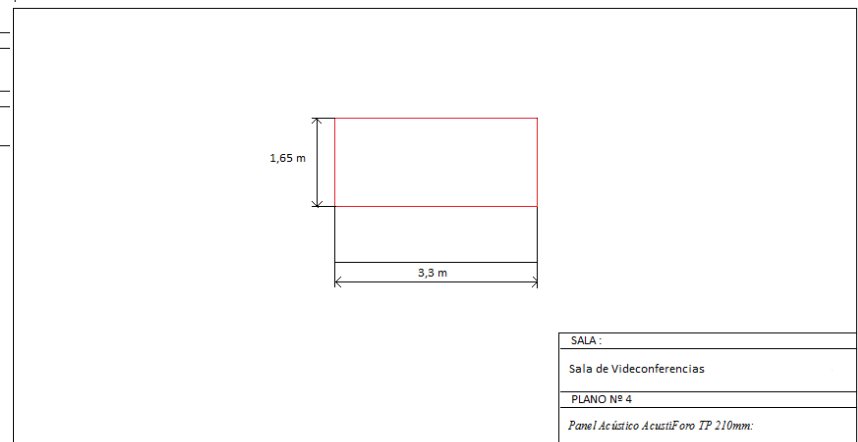
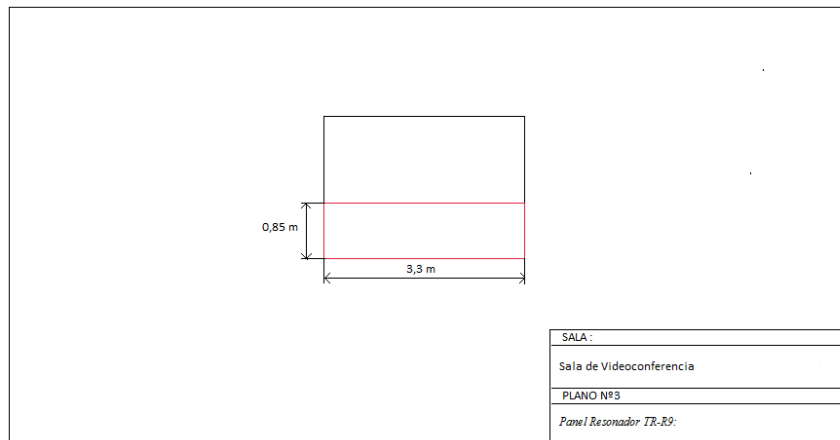
Propuesta de Mejora Acústica

Colocación de los materiales en Sala de Videoconferencias

- ▶ *Techo formado por paneles acústicos Brisa:* se sustituirá todo el techo completo por el nuevo formado por los paneles acústicos brisa, dejando las lámparas y el altavoz en su misma posición.
- ▶ *Panel Resonador TR-R9:* colocado en la pared principal, en la que está la televisión. Se colocará ocupando todo el ancho de la pared aunque con una altura de 80 cm.
- ▶ *Panel Acústico AcustiForo TP 50mm:* Se colocará el panel AcustiForo TP de 50mm en la pared principal por encima del resonador. Se piensa que quedará muy bien, como un elemento decorativo, ya que es un color wengue, que entra en el estilo de la sala y tiene una forma que parece un elemento de la decoración.

Propuesta de Mejora Acústica

Colocación de los materiales en Sala de Videoconferencias



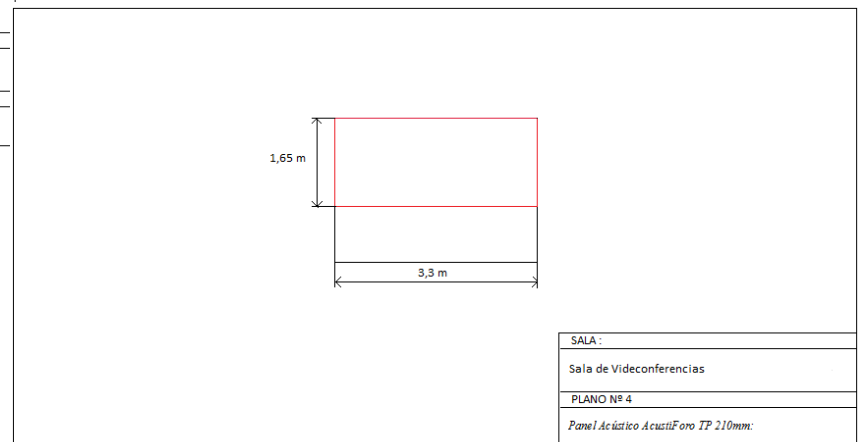
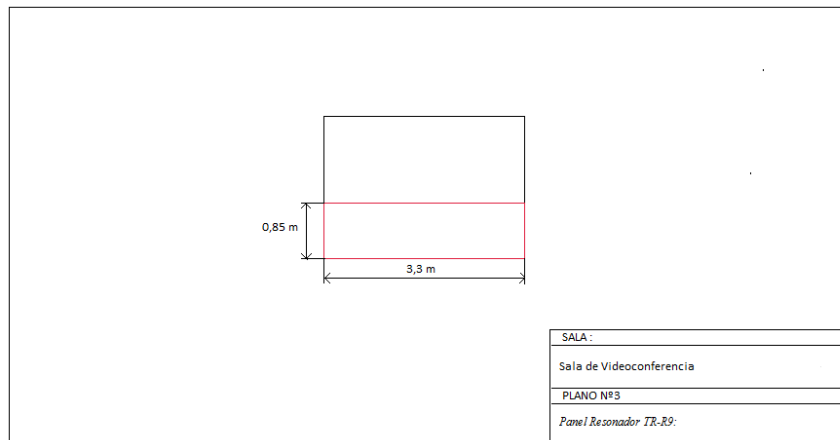
Propuesta de Mejora Acústica

Colocación de los materiales en Sala de Reuniones

- ▶ *Techo formado por paneles acústicos Brisa:* se sustituirá todo el techo completo por el nuevo formado por los paneles acústicos brisa, dejando las lámparas y el altavoz en su misma posición.
- ▶ *Panel Resonador TR-R9:* colocado en la pared principal, en la que está la televisión. Se colocará ocupando todo el ancho de la pared aunque con una altura de 80 cm.
- ▶ *Panel Acústico AcustiForo TP 50mm:* Se colocará el panel AcustiForo TP de 50mm en la pared principal por encima del resonador. Se piensa que quedará muy bien, como un elemento decorativo, ya que es un color wengue, que entra en el estilo de la sala y tiene una forma que parece un elemento de la decoración.

Propuesta de Mejora Acústica

Colocación de los materiales en Sala de Reuniones



Estudio de las salas mejoradas

Sala de Conferencias Grande

Parámetro	Después de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Muy Buena – 0,31 y 0,22 s
2-LSPK Overlap	Normal – 1,5 y 5
3-AI Cons	Excelente – 3,5 y 5
4-RASTI	Excelente – 0,71 y 0,72
5-Claridad	Buena – 4 y 14 dB
6-Ratio D-R	Correcta – -5 y -1

Estudio de las salas mejoradas

Sala de Videoconferencias

Parámetro	Después de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Muy buena – 0,38 y 0,23 s
2-LSPK Overlap	Normal – 1,5 y 5
3-AI Cons	Buena – 3,2 y 7
4-RASTI	Excelente – 0,70 y 0,74
5-Claridad	Buena – 6,5 y 9 dB
6-Ratio D-R	Correcta – > a 0

Estudio de las salas mejoradas

Sala de Reuniones

Parámetro	Después de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Muy Buena – 0,36 y 0,21 s
2-LSPK Overlap	Correcta – 1
3-AI Cons	Excelente – 2
4-RASTI	Excelente – 0,73 y 0,76
5-Claridad	Buena – 11 y 15 dB
6-Ratio D-R	Correcta – > a 0

Comparación salas originales/mejoradas

Sala de Conferencias Grande

Parámetro	Antes de la mejora	Después de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Mala – 0,7 y 1 s	Buena – 0,31 y 0,22 s
2-LSPK Overlap	Normal – 1,5 y 5	Normal – 1,5 y 5
3-AI Cons	Muy buena – 3,5 y 5	Excelente – 3 y 3,5
4-RASTI	Buena – 0,66 y 0,72	Excelente – 0,71 y 0,75
5-Claridad	Mala – 1 y 9 dB	Buena – 4 y 14 dB
6-Ratio D-R	Correcta – -5 y -1	Correcta – -1 y 4

Comparación salas originales/mejoradas

Sala de Conferencias Grande

La propuesta de mejora realizada a sido buena, ya que la mayoría de parámetros la sala mejora

Se ha pasado de tener una sala que antes era entre aceptable y pobre para la palabra a tener una entre buena y muy buena.

El objetivo de la propuesta de mejora en esta sala ha sido cumplido.

Se esperaba que la propuesta de mejora sea la menor, ya que inicialmente esta era con gran diferencia la mejor de las tres

Comparación salas originales/mejoradas

Sala de Videoconferencias

Parámetro	Antes de la mejora	Después de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Mala – 0,7 y 1 s	Muy Buena – 0,38 y 0,23 s
2-LSPK Overlap	Mala – 1 y 2	Correcta – 1,5 y 5
3-AI Cons	Muy pobre – 9,5 y 12,5	Buena – 3,2 y 3,7
4-RASTI	Aceptable – 0,46 y 0,54	Muy Buena – 0,7 y 0,74
5-Claridad	Mala – -3,6 y -1,6 dB	Buena – 6,5 y 9 dB
6-Relación D-R	Mala – < a 0	Correcta – > a 0

Comparación salas originales/mejoradas

Sala de Videoconferencias

Se puede apreciar como hay una gran mejora, tras la mejora acústica realizada.

Inicialmente se tenía una sala muy mala para la palabra. Tras la propuesta de mejora se tiene una sala que es entre buena y muy buena para la palabra.

La sala a paso de ser muy mala, a buena/muy buena, por lo que la propuesta de mejora ha sido muy eficaz.

Comparación salas originales/mejoradas

Sala de Reuniones

Parámetro	Antes de la mejora	Después de la mejora
1-Tiempo de reverberación	Mala - 0,8 y 1.4	Muy Buena - 0,36 y 0,21
2-LSPK Overlap (solo hay un altavoz, así que no lo tenemos en cuenta)	Correcta - 1	Correcta - 1
3-AI Cons	Pobre - 8,5 y 13	Excelente - 2,
4-RASTI	Aceptable - 0,48 y 0,54	Excelente - 0,73 y 0,76
5-Claridad	Mala - -2 y 0.2 dB	Buena - 11 y 15 dB
6-Ratio D-R	Mala - < a 0	Buena - > a 0

Comparación salas originales/mejoradas

Sala de Reuniones

Tras ver las simulaciones realizadas en EASE antes y después de la propuesta de mejora se ve como la propuesta de mejora la podemos calificar de muy buena.

La sala inicial era muy mala para la palabra y la sala mejorada se puede considerar muy buena para la palabra.

Presupuesto de la mejora acústica

Sala de Conferencias Grande

Sala de Conferencias			
Material	Precio	Cantidad	Total
1. Paneles acústicos Brisa	47,43 €/m2	91 m2	4316 €
2. Panel Resonador TR-R9	691,30 €/m2	9 m2	6222 €
3. Panel Acústico AcustiForn TP 210mm	109,82 €/m2	14 m2	1537 €
4. Cortina Acústica	130,95 €/unid	1	130,95 €

SALA DE CONFERENCIA	12205,95 €
---------------------	------------

Presupuesto de la mejora acústica

Sala de Videoconferencias

Sala de Videoconferencias			
Material	Precio	Cantidad	Total
1. Paneles acústicos Brisa	47,43 €/m2	33 m2	1565,19 €
2. Panel Resonador TR-R9	691,30 €/m2	3 m2	2073,9 €
3. Panel Acústico AcustiForo TP 50mm	98,24 €/m2	6 m2	589,44 €

SALA DE VIDEOCONFERENCIA	4228,53 €
--------------------------	-----------

Presupuesto de la mejora acústica

Sala de Reuniones

Sala de Reuniones			
Material	Precio	Cantidad	Total
1. Paneles acústicos Brisa	47,43 €/m2	16 m2	758,88 €
2. Panel Resonador TR-R9	691,30 €/m2	3 m2	2073,9 €
3. Panel Acústico AcustiForo TP 50mm	98,24 €/m2	6 m22073,	589,44€
SALA DE REUNIONES			3422,22€

Presupuesto de la mejora acústica

TOTAL PROPUESTA DE MEJORA ACUSTICA	19856,7€
------------------------------------	----------

Valoración de la mejora acústica

La propuesta de mejora realiza es muy efectiva.

En las tres salas del edificio que se ha llevado a cabo la propuesta de mejor los resultados han sido los esperados y buscados. En las tres salas ha habido mejoras, principalmente en las dos segundas, que eran mucho más reverberadas.

Se han obtenido tres salas excelentes para la palabra.

Se ha cumplido el objetivo de esta propuesta de mejora, obtener tres salas mucho menos reverberadas.

Conclusiones finales

- ▶ Por parte del alumno ha aprendido ha como realizar un proyecto, todo lo relacionado con la acústica en edificios, realizando un estudio profundo de la calidad sonora de los espacios más críticos del edificio en la “*Asesoría Zabala Innovation Consulting*”.
- ▶ Se ha tenido que familiarizar y profundizar con el software de simulación acústico EASE 4.1. Se ha llevado un estudio de los parámetros acústicos. Se han tomado medidas reales de los recintos para posteriormente introducirlos en el software, construyendo un modelo en EASE y simularlo.
- ▶ Ha sido muy positivo realizar un proyecto real. Habiendo estado en la empresa con la empresa interesada, conociendo el mundo laboral, contactando con la empresa y con la tutora en ella.
- ▶ Por parte de la empresa, ha cumplido los objetivos de conocer como es acústicamente su local, ver donde están los puntos críticos. También ha sido creada una propuesta de mejora, que ha sido demostrada que es muy buena, para subsanar esas imperfecciones acústicas.

Líneas futuras

- ▶ Realizar un estudio de las zonas comunes de la empresa, salas en las que están trabajando la mayoría de los empleados, todos ellos hablando continuamente por teléfono.
- ▶ El personal está distribuido en forma de “tablero de ajedrez” separados por unos paneles, lo cual genera un gran ruido de ambiente.
- ▶ Se podría hacer un estudio y una propuesta de esas zonas comunes con el fin de que en cada puesto de trabajo solamente se escuche a él mismo, o por lo menos que la interferencia acústica sea mucho menor.

ESTUDIO, SIMULACIÓN Y REFORMA ACÚSTICA DE LA “ASESORÍA ZABALA *INNOVATION CONSULTING*”

Autor: Mikel Echapare Zabaleta

Tutor: Carlos Larrondo Guillén

